

平成 30 年度修士論文

# 灯器位置の異なる信号交差点の 性能比較分析

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科  
都市基盤環境学域

17885417 松田啓輔  
指導教員 小根山裕之 教授

## 目次

第1章	序論 .....	4
1.1	研究背景.....	4
1.2	既往研究.....	5
1.3	研究目的.....	6
1.4	論文構成.....	7
第2章	評価指標 .....	8
2.1	評価指標の選定 .....	8
2.2	評価指標の定義.....	10
2.2.1	直進交通の通過判断判别分析 .....	10
2.2.2	直進交通の交通容量 .....	11
2.2.3	直進交通の交差点通過時間差.....	14
2.2.4	右折交通のクリアランスに要する時間 .....	15
2.2.5	右折交通のギャップ選択率 .....	15
第3章	DS 実験 .....	16
3.1	実験概要.....	16
3.1.1	実験装置.....	16
3.1.2	実験被験者 .....	17
3.1.3	実験期間.....	17
3.1.4	実験コース .....	18
3.1.5	道路構造.....	18
3.1.6	交差点構造.....	19
3.1.7	信号灯器構造 .....	20
3.1.8	現示設定.....	20
3.1.9	周辺環境.....	21
3.1.10	実験実施.....	21
3.2	実験方法.....	22
3.2.1	直進交通の通過判断判别分析 .....	22
3.2.2	直進交通の交通容量 .....	22
3.2.3	直進交通の交差点通過時間差.....	23
3.2.4	右折交通のクリアランスに要する時間 .....	23
3.2.5	右折交通のギャップ選択率 .....	23
第4章	直進交通の通過判断判别分析 .....	24
4.1	ロジスティック回帰による判别分析 .....	24
4.2	追突可能性の検証 .....	26

第 5 章	直進交通の交通容量 .....	31
5.1	損失時間の算出 .....	31
5.1.1	発進損失時間 .....	31
5.1.2	クリアランス損失時間 .....	35
5.2	再設定に用いる黄・全赤時間の算出 .....	36
5.3	交通容量の算出 .....	42
第 6 章	直進交通の交錯点通過時間差 .....	47
6.1	発進反応時間 .....	47
6.2	交錯点通過時間 .....	50
6.3	交錯点通過時の走行速度 .....	53
第 7 章	右折交通のクリアランスに要する時間 .....	56
7.1	クリアランスに要する時間 .....	56
第 8 章	右折交通のギャップ選択率 .....	59
8.1	ギャップ選択率 .....	59
第 9 章	結論と課題 .....	60
参考文献	.....	61
付録 1	.....	62
付録 2	.....	80
謝辞	.....	83

# 第1章 序論

## 1.1 研究背景

我が国では年間472,165件（平成29年）の交通事故が発生しているが、その中で交差点における交通事故の発生件数は全体の54.1%にも上っている<sup>1)</sup>。またその対策として交差点幾何構造や現示パターンに着目し、安全かつ円滑な交差点環境を構築することが求められている。しかしそれらの対策の前提として、信号灯器が適切な位置にあるということが重要となる。

そもそも信号灯器とは、停止線での運転者の停止発進の判断の基準となる信号表示を提示するものであり、停止・通過の判断においては、自分が従うべき信号灯器を停止線で安全に停止・通過できるよう認識すること、発進においては、停止線で停止している状態で信号面を視認・判断できることが求められる。従って、信号灯器と停止線は対の関係であり、停止線と対応する信号灯器の関係が、運転者に明確に認識されなければならない。

信号灯器の水平位置は、通常、日本では交差点左奥（正対灯器）と右手前（補助灯器）（以下、**far**と称す）が主流となっているが、ドイツなど諸外国では交差点左手前の停止線直近（以下、**near**と称す）が主流となっているところも多い。

ここで論じる**far**と**near**について、その特徴を以下に示す。

**far**では、当該流入部以外の交通から信号面が見やすいため、次現示を予測しやすく、次の行動に移りやすい。しかし一方で、次現示が予測できると、見切り発進などを誘発することが指摘されている<sup>2)</sup>。また、**far**では信号灯器と停止線がどうしても離れてしまうため、複雑な形状をした交差点では信号灯器と停止線の対応が判断しにくく、従うべき信号灯器を誤って認識してしまう場合がある。

それに対して**near**では、当該流入部以外の交通から信号面が見えない、もしくは見づらくなるため、次の行動に移りにくくなる。しかし次現示を予測できないことは、見切り発進の抑制に繋がるといわれている。また、**near**では停止線の直近に信号灯器が設置されているため、停止線と信号灯器の対応関係が容易に判断できる。

また、動線別制御や方向別制御などの信号制御は、特に交通量の多い多車線交差点において、動線分離を実現することで安全性の向上が期待されており、ドイツの一部などでは、運用が進んでいる<sup>2)</sup>。この制御方式では車線ごとに灯器を割り当て、それぞれ異なった信号制御を行うため、他車線の信号面が見えることで誤認識等を誘発する恐れがあることから、他車線の信号面が見えないことが望ましいとされている。この点でも、対応する灯器以外が見づらい特徴を持つ**near**は有用性がある。

現在の日本の信号灯器に関する法令の中では、ある程度の設置位置の自由が認められて

おり、現状としては各都道府県の公安委員会で設置位置の対応は異なっている。また、その中で、日本では慣例的にfarの灯器位置が用いられてきたが<sup>3)</sup>、日本において、灯器の位置について議論した際の公開された記録をたどることは難しく、どのような経緯で現在の灯器位置（far）が主流となったのかを確認することはできない。

しかし、今後グローバリゼーションが進み、日本におけるnearに慣れた外国人ドライバーを想定した望ましい灯器位置に関する議論が喚起される可能性もある。

以上の通り、日本において十分な灯器位置の検討が行われたとは言い難く、nearでの信号灯器の設置に対しての検討が必要とされている。しかし、これまでは検討の必要性が必ずしも認識されておらず、適切な灯器位置の検討は、さらなる交差点環境の改善のために必要不可欠な課題であるといえる。

これまで、灯器位置の違いによる運転者の挙動に関してドライビングシミュレータ（以下、DS）を用いた実験を行い、nearとfarの特性の違いを明らかにしている。一方、灯器位置の違いによる交差点性能の差異については十分な検討がなされていない。

## 1.2 既往研究

現在の灯器位置に関して、道路構造令の解説と運用<sup>4)</sup>では、信号灯器の信号面は交差交通から見えなくすべきとある。しかし、中村ら<sup>2)</sup>は、現在の日本で、流入路に対して左向こう側に設置された信号灯器において、交差交通からも信号面を視認することができるため、運転者の現示切り替わりタイミングの予測を可能とし、このことが見切り発進を誘発しているおそれがあることを指摘している。

さらに、大口<sup>5)</sup>は論説の中で、特に多車線交差点における動線分離信号制御を対象として、灯器位置の再考が検討すべき課題であることを指摘している。

以上のような現状を踏まえ、本研究に先立って実施した松田ら<sup>6)7)</sup>の研究では、灯器位置の違いに着目したドライビングシミュレータ（以下、DSと称す）を用いた実験を行った。その中で、灯器位置を交差点奥から交差点手前に変えた際の運転挙動や反応時間の変化について、nearはfarに比べ通過判断傾向が強いこと、farはnearに比べ発進反応時間が短いことなどを明らかにした。また、異なるタイプの交差点が混在しているような状況では、nearかfarのどちらか一方のみの状況と比べて、急停止が多くなること、停止反応時間が長くなることなどを明らかにした。

しかし、松田ら<sup>6)7)</sup>では挙動の変化や判断のみに着目し、それらの挙動の差異が交差点全体としての性能にどのような影響を与えるかについてまでは明らかにできていない。また、歩行者用信号については、灯器位置を要因とする挙動の変化を明確にするために、設置せずに実験を行っており、対象とする挙動も、交差点を直進する挙動に限られており、右折や左

折に関しては対象とされていない。

佐々木ら<sup>8)</sup>は、右折専用現示から交差方向現示への信号切り替わりに着目し、切り替わり前最終車と切り替わり後先頭車の交錯点通過時間差は、切り替わり前最終車の停止線通過時間との相関が強いということ、また、多くの交錯組み合わせにおいて、交錯点通過時間差はかなり余裕があることを明らかにしている。

さらに、小野ら<sup>9)</sup>は、現在日本で行われている交差点長を考慮した全赤時間の設定では適正な設定が行われておらず、ドイツで行われている、交錯点（コンフリクトポイント）を考慮した設定と比べると、現在の全赤時間を1秒近く短くできる可能性を示している。

つまり、灯器位置によって通過判断の傾向が変わり、切り替わり前最終車の挙動が変化すれば、交錯点通過時間差やクリアランス時間が変化し、安全性や円滑性といった交差点の性能が変化する可能性がある。

しかし、佐々木ら<sup>8)</sup>と小野ら<sup>9)</sup>らの分析はいずれも現状の灯器位置（far）を前提としており、nearにおいては検証されていない。

本研究には、交差点全体の性能の差異について、信号灯器の位置の違いに着目して、DSを用いて実験的にそれらを比較分析するところに新規性がある。

### 1.3 研究目的

本研究では、DSで明らかになった運転挙動の違いを前提として、信号交差点における灯器位置の違い（nearまたはfar）による交通容量など交差点性能の差異について明らかにすることを目的とする。

本研究では、直進交通を対象とした交差点の交通容量と交錯点通過時間差、右折交通のクリアランスに要する時間とギャップ選択率に着目した。

## 1.4 論文構成

本論文は全 9 章から構成され、以降以下の内容で進めていく。

### 第 1 章：序論

この章では、研究の背景や既往研究を整理し、本研究の意義・目的を示す。

### 第 2 章：評価指標

この章では、評価指標の選択理由や定義について示す。

### 第 3 章：DS 実験

この章では、ドライビングシミュレータを用いた実験の概要を示す。

### 第 4 章：直進交通の通過判断判別分析

この章では、直進交通を対象とした通過判断判別分析の結果を示す。

### 第 5 章：直進交通の交通容量

この章では、直進交通を対象とした交通容量の分析の結果を示す。

### 第 6 章：直進交通の交錯点通過時間差

この章では、直進交通を対象とした交錯点通過時間差の分析の結果を示す。

### 第 7 章：右折交通のクリアランスに要する時間

この章では、右折交通を対象としたクリアランスに要する時間の分析の結果を示す。

### 第 8 章：右折交通のギャップ選択率

この章では、右折交通を対象としたギャップ選択率の分析の結果を示す。

### 第 9 章：結論と課題

この章では、本研究の結論と課題を示す。

## 第2章 評価指標

### 2.1 評価指標の選定

ここではどのような評価指標をどのような理由で選定したかを示す。

はじめに、過去の研究で、**near** と **far** で通過判断率に有意な差が見られたことに着目する。

過去の研究における通過判断率の評価は、信号が青から黄に切り替わった際の停止線からの距離にのみ基づいて定義されており、その時の走行速度は評価に考慮されていなかった。そこで、停止線までの距離と走行速度を考慮に入れて、定量的に通過判断率を評価する必要がある。

また、過去の研究で、交差点間には通過判断率の差があったが、運転者間にも通過判断率の差があるのかという判断の混在については言及できていないため、灯器位置によってその差の程度はどう変わるのかについても評価する必要がある。

評価指標には、前後の車両との判断の相違で引き起こされうる追突の可能性を用いる。

次に、過去の研究で、**near** と **far** で通過判断率と発進反応時間に有意な差が見られたことに着目する。

通過判断率と発進反応時間に有意な差が見られたということは、交差点の損失時間にも差が生じる可能性がある。しかし、その差が、交差点の交通容量に差を及ぼすほどのものであるかについてまでは言及できておらず、交差点の基本性能を示す重要な指標である交差点の交通容量が、灯器位置によってどれほど変化するかを明らかにする必要がある。

さらに、灯器位置が異なると判断や車両挙動も変わり、**far** をもとにした現示設定とは異なる現示設定が、**near** で求められ可能性がある。そこで、灯器位置による判断・挙動の違いから、黄・全赤時間の再設定を行い、それをもとにした交差点容量の灯器位置による差異・変化を明らかにする必要がある。

さらに、過去の研究で、**near** と **far** で発進反応時間に有意な差が見られ、さらに、**near** では見られなかったが、**far** では青切り替わり以前の見切り発進が多く見られたことに着目する。

見切り発進は一般的に安全性を脅かすと言われているが、見切り発進によって、**near** と **far** にどれほどの安全性の差が見られるのかまでは過去の研究で言及できていない。見切り発進が安全性に影響を及ぼす理由として、前現示の交差方向からの駆け込みと、次現示の見切り発進との交錯が挙げられる。また、交錯は、ある車両が占有している空間に、他の車両が到達するまでの時間が小さくなることで引き起こされる。そこで、その時間（交錯点通過



時間差)を評価指標として、灯器位置によって発進時の交錯の危険性がどのように変化するかを定量的に評価する必要がある。

加えて、灯器位置が変わると、灯器を見ることができる範囲が変化することに着目する。

**near** と **far** における灯器を見ることができる範囲の違いで特に重要となるのが、停止線を越え、交差点内に進入したときである。**near** では、**far** と異なり、停止線を越えて交差点内に侵入すると、すべての信号灯器が視認不可能な状態になる。そのため、交差点内での挙動にも、**near** と **far** で差異が生じると考えられる。

交差点内での挙動には一般的に、左折交通の歩行者通過待ち、直進交通の通過行動、右折交通の対向車・歩行者通過待ちがあるが、左折交通と直進交通には灯器位置は影響を及ぼさないと考えられる。また右折交通であっても、交通量が少なければ、対向車・歩行者がいるかどうかのみでの判断となり、灯器位置は影響を及ぼしにくい。しかし、対向車のギャップがほとんど無く、信号の切り替わりを待つて発進しなければならないような、交通量が多い状況では、灯器位置は重要な意味を持ち、**near** と **far** の信号の切り替わりに対する反応に際が生じると考えられる。そこで、右折交通の対向車待ち時における、信号切り替わりから右折車が捌けるまでの時間の灯器位置による差異を用いて、灯器位置による挙動の変化を定量的に評価する必要がある。

また、**near** では灯器が見えない分、その他の箇所を見る時間が増えることが予想され、その時間が対向車のギャップに多く割かれれば、対向車のギャップをより精緻に見定め、より小さいギャップでのギャップ選択行動をとる可能性がある。そこで、ギャップの大きさに対するギャップ選択率の推移から、灯器位置によるギャップ選択率の変化を定量的に評価する必要がある。

## 2.2 評価指標の定義

### 2.2.1 直進交通の通過判断判別分析

#### 1) 通過判断率

通過判断率 $p$ はロジスティック回帰を用いて算出する。回帰式を以下に示す。

$$p = 1/(1 + e^{-l})$$

$$l = \ln(p/1 - p) = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2$$

$l$ : ロジット,  $b_0$ : 定数項,  $b_n$ : 偏回帰係数,  $x_n$ : 変数

変数には, 黄切り替わり時の停止線からの距離と, 黄切り替わり時の走行速度を用いる。

#### 2) 追突可能性

追突可能性 $C_n$ は黄開始以降 $n$ 台目と $n + 1$ 台目が追突する確率とし, 以下で定義する。

$$C_n = \sum_{h_0=0}^h \{(1 - p_n(h_0, v)) * p_{n+1}(h_0, v)\} / h$$

$p_n(h_0, v)$ :  $h_0, v$ のときの, 黄開始以降 $n$ 台目の通過判断率

$h_0$ : 黄開始以降 1 台目が停止線を通過するまでの時間 ( $0 \leq h_0 < h$ )

$v$ : 走行速度 (定数)

$h$ : 車頭時間 (定数)

ここでは,  $h = 2$ とする。

図 1 に追突可能性のイメージを示す。



図 1. 追突可能性のイメージ

## 2.2.2 直進交通の交通容量

### 1) 交差点の交通容量

交差点の交通容量 $C_i$ は以下で定義する.

$$C_i = (G_e / C) * r_s$$

$G_e$  : 有効青時間,  $C$  : サイクル長,  $r_s$  : 飽和交通流率

有効青時間 $G_e$ とサイクル長 $C$ は以下で定義する.

$$G_e = G + Y + AR - T_{SL} - T_{CL}$$

$$C = G + Y + R$$

$G$  : 青時間,  $Y$  : 黄時間,  $AR$  : 全赤時間

$T_{SL}$  : 発進損失時間,  $T_{CL}$  : クリアランス損失時間,  $R$  : 赤時間

飽和交通流率 $r_s$ は, 中村ら 2)によって, 灯器位置によって変化しないということが示されているため, 本研究でも near と far で差はないものとして共通の変数を与える.

図 2 に損失時間と有効青時間のイメージを示す.

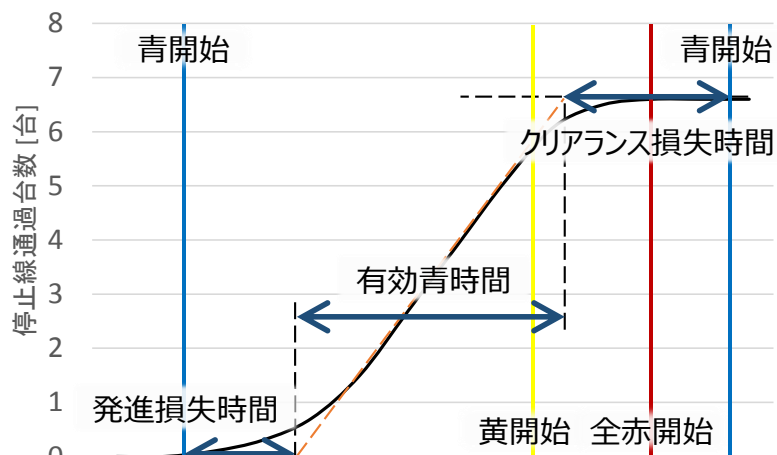


図 2. 損失時間と有効青時間のイメージ

## 2) 発進損失時間

発進損失時間 $T_{SL}$ は青開始から有効青時間開始までの時間であり，以下で定義する．

$$T_{SL} = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 - 4H_s$$

$H_n$ ：停止線から  $n$  台目で停止している車両の車頭時間

$H_s$ ：飽和交通流率時の車頭時間（ $= 1/r_s$ ）

## 3) クリアランス損失時間

クリアランス損失時間 $T_{CL}$ は最終車の停止線通過から次現示の青開始までの時間であり，以下で定義する．図 3 にクリアランス損失時間のイメージを示す．

$$P_n(h_0) = \prod_{i=0}^n p_i(h_0) * (1 - p_{n+1}(h_0))$$

$$h_{ln}(h_0) = Y + AR - \{h_0 + (n - 1)h\}$$

$$\overline{h_l(h_0)} = \sum_{i=0}^N \{P_i(h_0) * h_{li}(h_0)\}$$

$$T_{CL} = \overline{h_l} = \int_0^h \overline{h_l(h_0)} dt / h$$

$P_n(h_0)$ ： $h_0$ のときの黄開始以降 $n$ 台目の停止線通過が最終車停止線通過となる確率

$h_0$ ：黄開始以降 1 台目が停止線を通過するまでの時間

$p_n(h_0)$ ： $h_0$ のときの黄開始以降 $n$ 台目の通過判断率

$h_{ln}(h_0)$ ： $h_0$ のときの黄開始以降 $n$ 台目の停止線通過から次青開始までの時間

$h$ ：車頭時間（定数）

$\overline{h_l(h_0)}$ ： $h_0$ のときのクリアランス損失時間の期待値

$\overline{h_l}$ ：クリアランス損失時間の期待値（ $T_{CL}$ ）

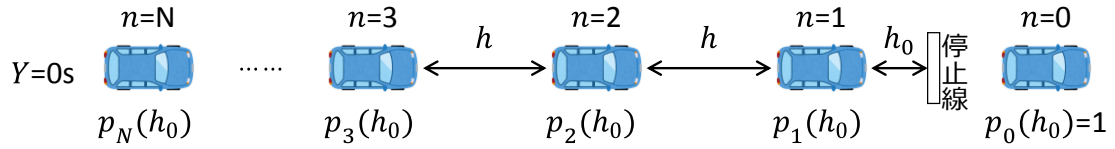


図 3. クリアランス損失時間のイメージ

4) 再設定に用いる黄時間

near の再設定に用いる黄時間 $Y_{near}$ は以下で定義する.

$$Y_{near} = Y + (t_{near} - t_{far}) + (V_{near} - V_{far})/2d$$

$t_{near}, t_{far}$  : near と far の停止反応時間の加算平均

$V_{near}, V_{far}$  : near と far の停止線通過速度の加算平均

$d$  : 減速度 (DS と現実での減速度の乖離を踏まえて,  $3\text{m/s}^2$  の定数)

5) 再設定に用いる全赤時間

near の再設定に用いる全赤時間 $AR_{near}$ は, 考慮する要素を変えた 3 つのケースに分け, 以下のように定義する.

$$AR_{near(1)} = AR + (t_{c,near} - t_{c,far})$$

$$AR_{near(2)} = AR + (t_{c,near} - t_{c,far}) - (t_{e,near} - t_{e,far})$$

$$AR_{near(3)} = AR + (t_{c,near} - t_{c,far}) + (t_{AR,near} - t_{AR,far}) - (t_{e,near} - t_{e,far})$$

$t_c$  : 速度 $V_{near}, V_{far}$ で全赤開始と同時に停止線を通過して交錯点に到達するまでの時間

$t_e$  : 速度 $V_{near}, V_{far}$ で青開始と同時に停止線を通過して交錯点に到達するまでの時間

$t_{AR}$  : 全赤開始から最終車が停止線を通過するまでの時間 ( $= 2 - T_{CL}$ )

near①はクリアランス時間 $t_c$ のみを考慮したケース, near②はそれに加えてエンタリング時間 $t_e$ も考慮したケース, near③はそれらに加えて, 信号切り替わり時の通過判断の差の補正のための時間 $t_{AR}$ も考慮したケースである.

ここでは交錯点を, 切り替わり前の最終車とその交差左側から進入する切り替わり後の先頭車との交錯点とする. また, クリアランス時間は, 停止線から交錯点までの距離 18m を $V_{near}, V_{far}$ で走行するときの時間とし, エンタリング時間も同様の速度で停止線から交錯点までの距離 12m を走行するときの時間とする. この距離は, 実験コース上の実際の距離である.

### 2.2.3 直進交通の交錯点通過時間差

交錯点通過時間差 $PET$ は、現示切り替わり前最終車と現示切り替わり後先頭車が、それぞれの動線が交わる点を通過するときの通過時間差であり、以下で定義する。図 4 に交錯点通過時間差のイメージを示す。

$$PET = (T_e + S_e) - (T_c + S_c)$$

$T_e$  : 切り替わり後先頭車が停止線を通過してから交錯点に到達するまでの時間

$T_c$  : 切り替わり前最終車が停止線を通過してから交錯点に到達するまでの時間

$S_e$  : 青切り替わりから切り替わり後先頭車が停止線を通過するまでの時間

$S_c$  : 青切り替わりから切り替わり前最終車が停止線を通過するまでの時間

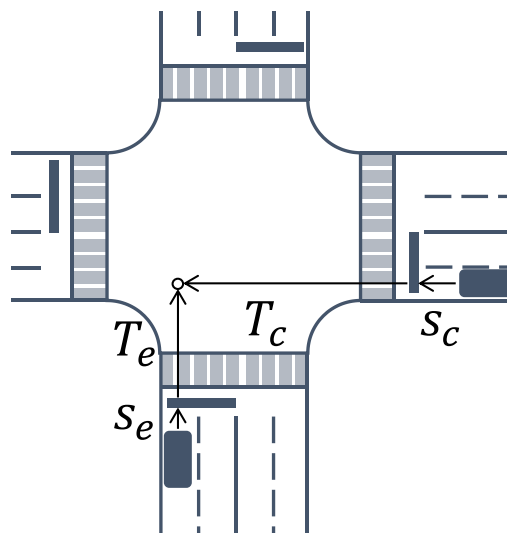


図 4. 交錯点通過時間差のイメージ

#### 2.2.4 右折交通のクリアランスに要する時間

右折交通のクリアランスに要する時間は、黄切り替わりから交差点流出時に停止線断面を通過するまでの時間と定義する。図 5 にクリアランスに要する時間のイメージを示す。

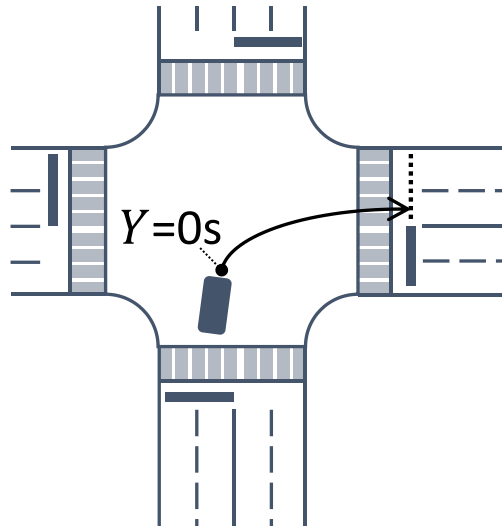


図 5. クリアランスに要する時間のイメージ

#### 2.2.5 右折交通のギャップ選択率

右折交通のギャップ選択率は、対向車のギャップに対してそのギャップを受け入れた確率と定義する。

## 第3章 DS 実験

### 3.1 実験概要

#### 3.1.1 実験装置

本研究では、現在日本では馴染みのない信号灯器の位置で、信号の切り替わり時や右折時の判断や行動について実験を行うものであり、実道路での実験では安全性を確保することが難しいと考えられる。

そのため、本研究では実験装置として、FORUM8 社の UC-win/Road ドライブ・シミュレータを用いて実験を行う。図 6 に実験装置を示す。



図 6. 実験装置



### 3.1.2 実験被験者

一般被験者として、25～43 歳の男性被験者 19 名と、学生被験者として、首都大学東京に在籍する 21～25 歳の男子学生 9 名と女子学生 1 名を実験被験者とした。図 7 図 8 に被験者内訳を示す。

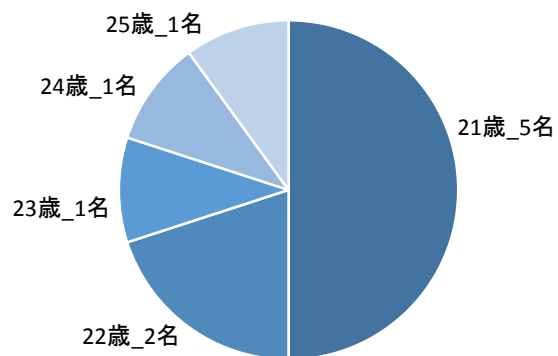


図 7. 学生被験者内訳

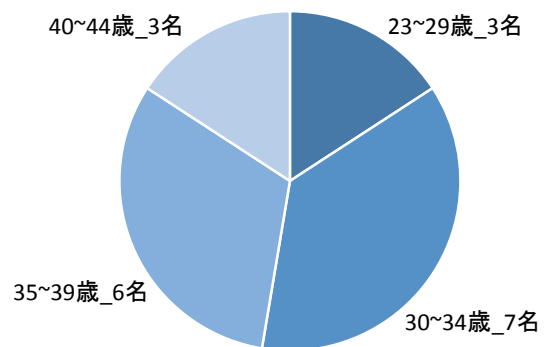


図 8. 一般被験者内訳

### 3.1.3 実験期間

2018 年 11 月 22 日～2018 年 12 月 13 日に実施した。

### 3.1.4 実験コース

交差点の間隔は約 250m であり、交差点数が 16 個の、全長約 4km の右回りコースである。実験コースの平面図を図 9 に示す。

実験中の灯器位置は、near か far のどちらか一方だけとし、異なる灯器位置が同一コース内に混在することはない。

スタート地点は 2 つあるが、ともにゴール地点は同じで、実験時間を考慮してどちらかのスタート地点から実験を始める。

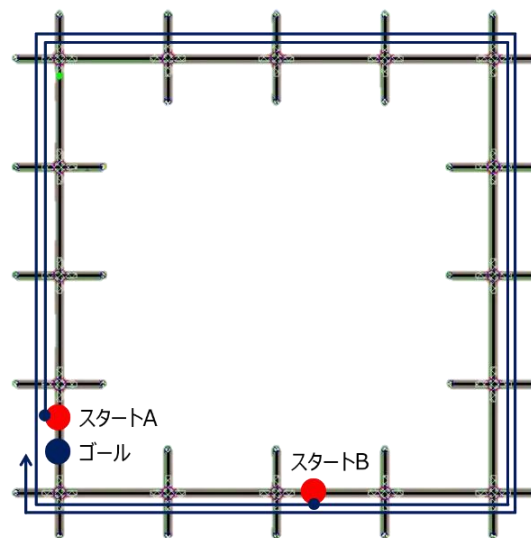


図 9. 実験コース

### 3.1.5 道路構造

実験に用いる道路には、車線幅員 3.25m の片側 1 車線市街地一般道路（第 4 種第 1 級程度）を再現し、交差点直近では右折専用車線を設けた。車線運用は、左車線から左折直進、右折である。図 10 に道路断面図を示す。



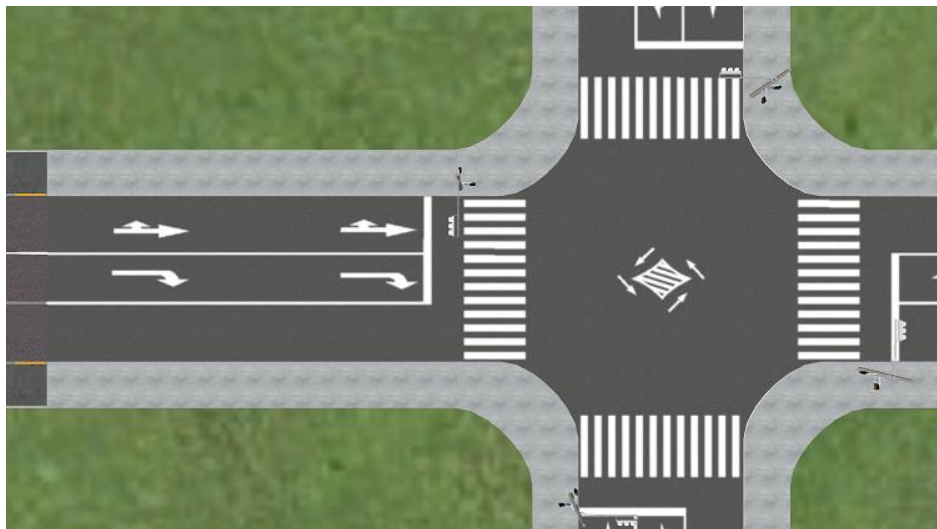
図 10. 道路断面図

### 3.1.6 交差点構造

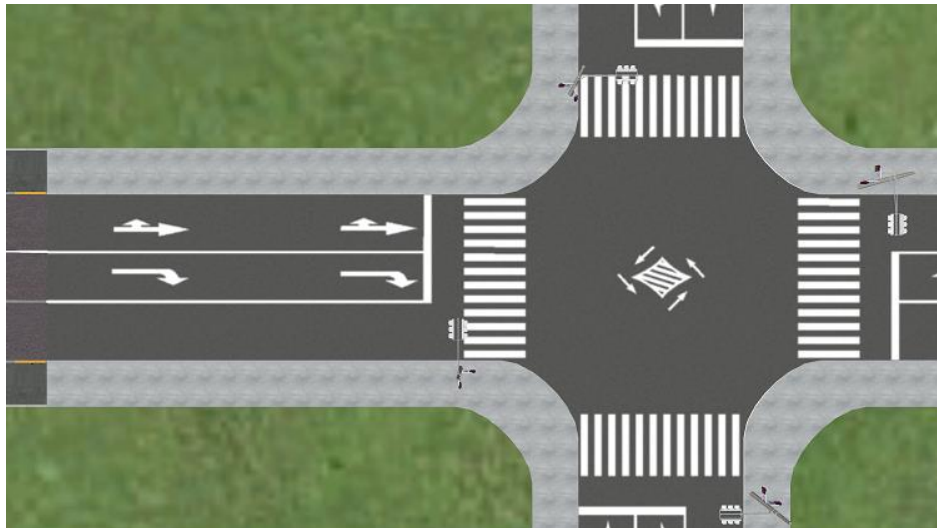
実験に用いる交差点は、停止線外端の位置を交差点中央から約 15m の位置に設定し、停止線から約 2.0m のところに幅約 4.0m の横断歩道を設置した。

near の正対灯器と補助灯器は停止線から約 2.0m 離して設置し、far の正対灯器は停止線から約 28.0m 離して、補助灯器は停止線から 2.0m 離して設置している。歩行者信号も同じ位置に設置した。

図 11 に near と far の交差点構造を示す。



a. near の交差点



b. far の交差点

図 11. 交差点構造

### 3.1.7 信号灯器構造

near の交差点では，高さ 6m の横型灯器 1 機に加え，縦型灯器を地上から下端の位置が 1.5m となるように 1 機設置した．

far の交差点では，高さ 6m の横型灯器を 2 機設置した．

図 12 に near と far の信号灯器構造を示す．

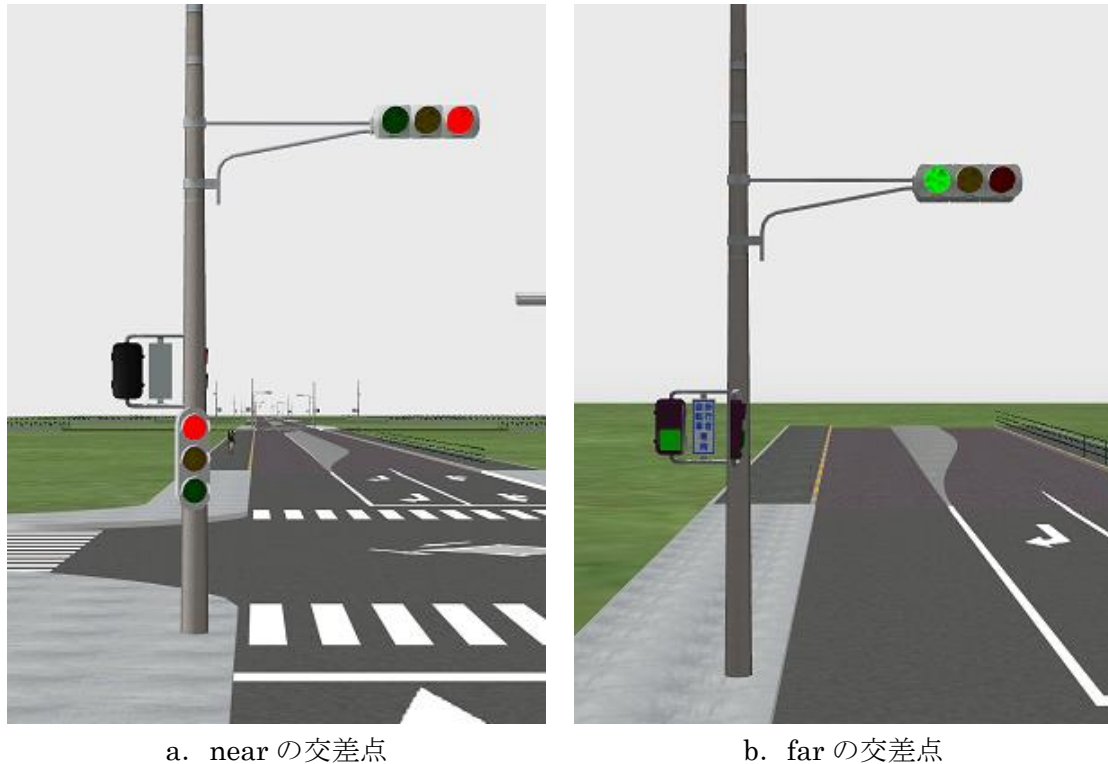


図 12. 信号灯器構造

### 3.1.8 現示設定

本研究では，黄時間 3 秒，全赤時間 2 秒として実験を行った．青時間は各交差点での実験内容ごとに変えて設定した．

直進交通を対象とした交差点では，青時間の長さは被験者の運転に支障の出ない限り短く設定し，10 秒から 15 秒ほどとなっている．

右折交通を対象とした交差点では，ギャップ選択のための十分な青時間を確保する必要があり，15 秒から 25 秒ほどとなっている．

### 3.1.9 周辺環境

被験者の運転に影響を与えないよう、必要な PC 車両以外の被験者と同一方向に走行、もしくは被験者と交錯するような PC 車両は設定せずに実験を行った。

実験中の気象条件は晴れとし、運転に支障をきたさない十分な明るさを再現し実験を行った。また、実験室は、暗幕で覆い、電気を消し、画面が見やすいように実験を行った。

### 3.1.10 実験実施

実験の前には、十分な練習走行を行ってもらい実験を行った。その際、停止線で正常に停止できているか、右折をスムーズに行えているかなどをチェックして実験に進んだ。

実験では、各被験者 2~4 回の実験走行を行った。

実験走行の合間に十分な休憩を取るため、被験者 2 名に交互に実験走行をしてもらった。

図 13 に実験風景を示す。



図 13. 実験風景

## 3.2 実験方法

### 3.2.1 直進交通の通過判断判別分析

通過判断率の算出には、黄切り替わり時の停止線からの距離とその時の走行速度が必要であるため、信号が青から黄に切り替わるタイミングを操作し、前方車がいる状況で走行速度をある程度抑制して実験を行い、データを得る。実験手順を以下に示す。

1. 実験対象交差点の手前の交差点で、被験者が PC 車両に追従している状況を作る。
2. PC 車両の走行速度は 15m/s (54km/h) で一定として、必ず実験対象交差点を直進通過させるように走行させる。
3. 実験対象交差点の停止線から上流に 85,90,95,100,105,110,115,120m の地点を被験者が通過してから 4 秒後のタイミングで信号を青から黄に切り替える。  
各実験対象交差点には、ランダムで 1 つの黄切り替わりタイミングを設定する。

### 3.2.2 直進交通の交通容量

交通容量の算出には、まず、発進損失時間が必要であるため、発進時に前方車が 0~3 台いる状況で実験を行い、データを得る。実験手順を以下に示す。

1. 実験対象交差点で、前方に 0~3 台の PC 車両が停止線で停止しており、それに続いて被験者が停止している状況を作る。
2. 信号を赤から青に切り替え、PC 車両と被験者を発進させる。

クリアランス損失時間算出と黄・全赤時間の再設定のための実験は、3.1.1 直進交通の通過判断判別分析の実験と同様に行い、データを得る。

### 3.2.3 直進交通の交錯点通過時間差

交錯点通過時間差の算出には、交差方向からの進入車両がいる状況で発進挙動データが必要となるため、被験者右側から交差点に進入してくる PC 車両がいる状況で実験を行い、データを得る。実験手順を以下に示す。

1. 実験対象交差点で、被験者が赤信号で先頭車として直進レーンの停止線に停止している状況を作る。
2. 被験者方向の青開始 1,2,3s 前に、交差右方向の停止線を通過するように交差車両を直進させる。
3. 信号を赤から青に切り替え、被験者を発進させる。

### 3.2.4 右折交通のクリアランスに要する時間

右折交通のクリアランスに要する時間の算出には、被験者の右折時に対向車待ちしている状況を作る必要があるため、その状況を作り実験を行い、データを得る。実験手順を以下に示す。

1. 実験対象交差点で、被験者が赤信号で先頭車として右折レーンの停止線に停止している状況を作り、対向車線には直進車を複数台配置する。
2. 青開始とともに十分な数の対向直進車を 1.5~2.0s のギャップで直進通過させ、対向直進車待ちで被験者が右折できない状況を作る。
3. 信号を青から黄に切り替えて対向直進車を停止させ、被験者を右折させる。

### 3.2.5 右折交通のギャップ選択率

右折交通のギャップ選択率の算出には、対向直進車のギャップの大きさを制御して実験を行う必要があるため、実験対象の交差点には、それぞれ固有の対向車ギャップを持たせて実験を行い、データを得る。実験手順を以下に示す。

1. 実験対象交差点で、被験者が赤信号で先頭車として右折レーンの停止線に停止している状況を作り、対向車線には直進車を複数台配置する。
2. 青開始とともに十分な数の対向直進車を約 4,5,6s のギャップで直進通過させる。
3. 被験者は自由にギャップ選択をする。
4. ギャップを受け入れなかった場合、3.1.4 右折交通のクリアランスに要する時間の実験手順 3.へ進む。

## 第4章 直進交通の通過判断判別分析

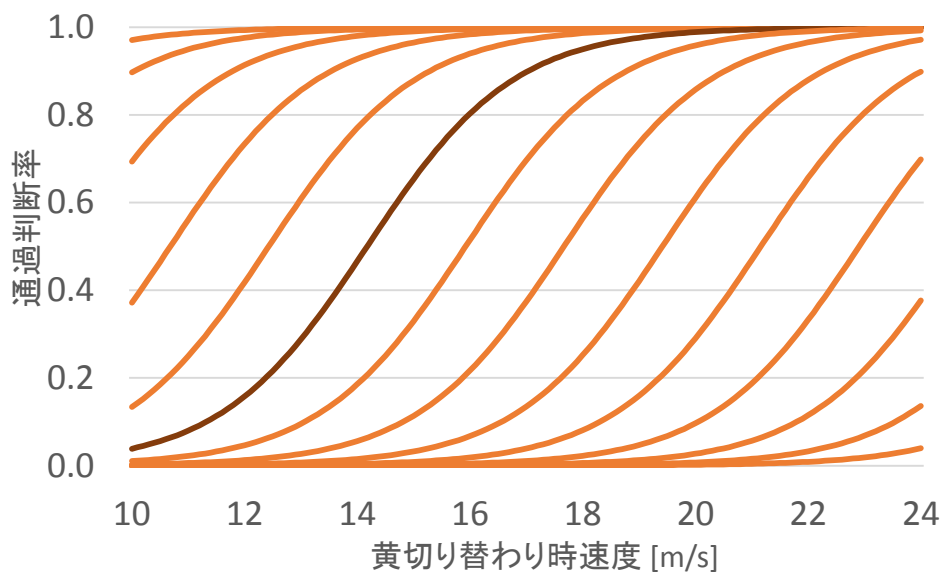
### 4.1 ロジスティック回帰による判別分析

ここでは、ロジスティック回帰によって求められた通過判断率の評価結果を示す。

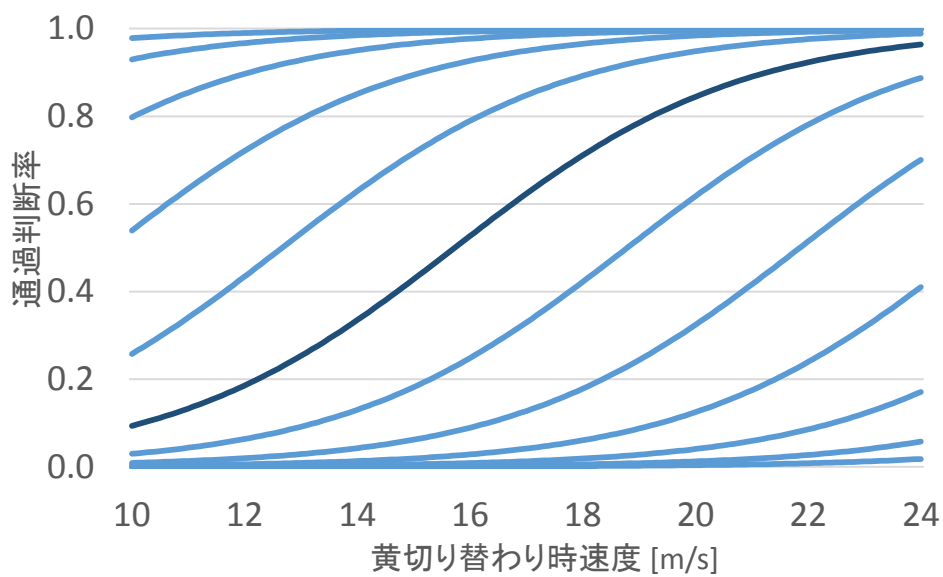
図 14 に **far** と **near** の通過判断率の判別分析の結果を示す。図中の曲線は、黄切り替わり時の停止線からの距離 10m ごとに、速度による通過判断率の推移を表している。

**near** と **far** を比較すると、**far** の方が図中の曲線が横方向に伸びていることがわかる。これは、運転者ごとの速度による通過判断の判別のばらつきが大きいことを表しており、**far** の方が判断の混在が起こりやすいと言える。





a. near の交差点



b. far の交差点

図 14. 通過判断率

## 4.2 追突可能性の検証

ここでは、4.1 で求めた通過判断率を用いて、黄開始  $n$  台目が停止判断をし、 $n+1$  台目が通過判断をする確率を求め、追突可能性として評価した結果を示す。なお、この分析では、車頭時間は 2 秒として分析を行っている。

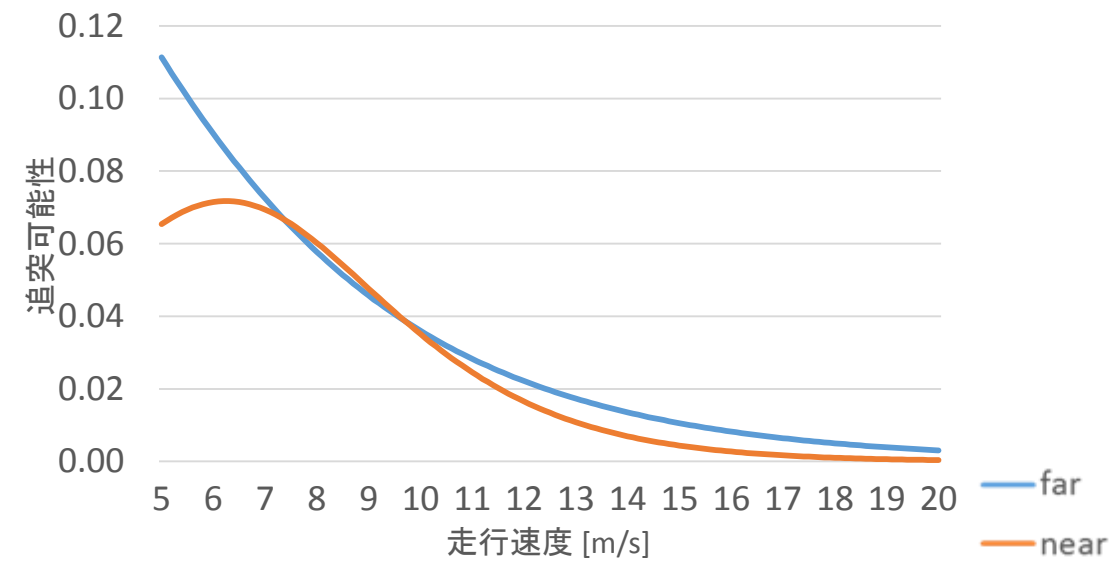
図 15 に 1 台目と 2 台目の追突可能性を、図 16 に 2 台目と 3 台目、図 17 に 3 台目と 4 台目、図 18 に以上 3 つのパターンを同時に考えたときの追突可能性を示す。なお、それぞれ、走行速度の幅が 5~20m/s のものと、10~20m/s のものを合わせて示す。

near と far を比較すると、全体的に far の方が追突可能性が高いことがわかる。要因としてはやはり、far において特に、速度による通過・停止判断の判別にばらつきが生じやすく、判断の混在が起こりやすいためだと考えられる。

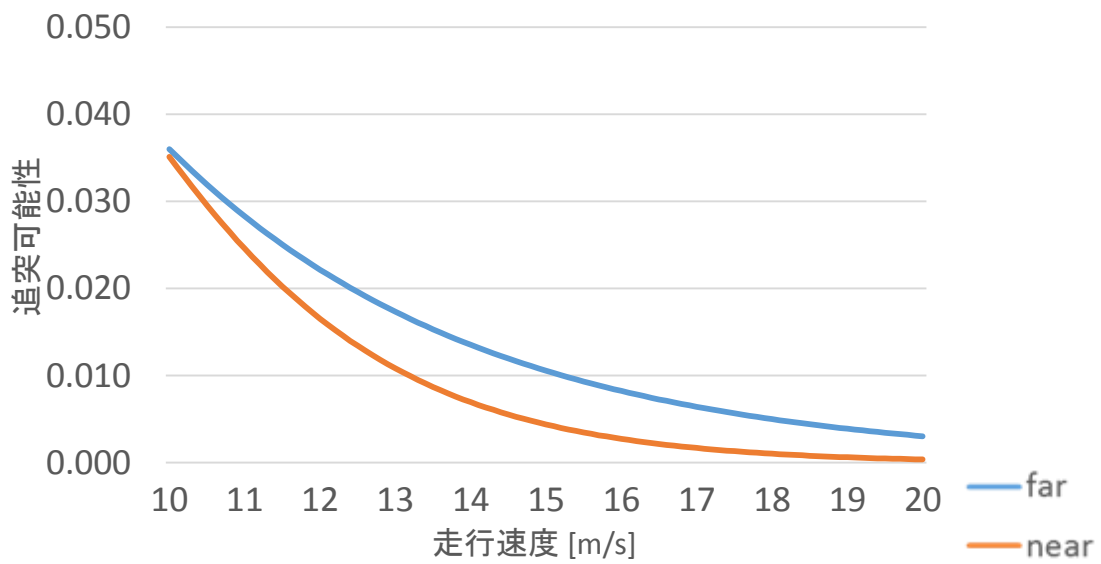
走行速度に着目して比較すると、走行速度が低いときほど far で追突可能性が高い値を示しており、走行速度が大きくなるにつれて near と far が同じような値に近づいている。

車両の位置に着目して比較すると、near では、1 台目と 2 台目での追突可能性が最も高い値を示しており、位置が下がれば追突可能性も徐々に低くなっている。一方で far では、1 台目と 2 台目での追突可能性と 2 台目と 3 台目での追突可能性がほとんど同じ値を示しており、より広い範囲で追突の可能性があることがわかる。

走行速度 15 メートル毎秒のときの追突可能性を near と far で比較すると、far の方が、1%ほど追突可能性が大きくなる結果となった。

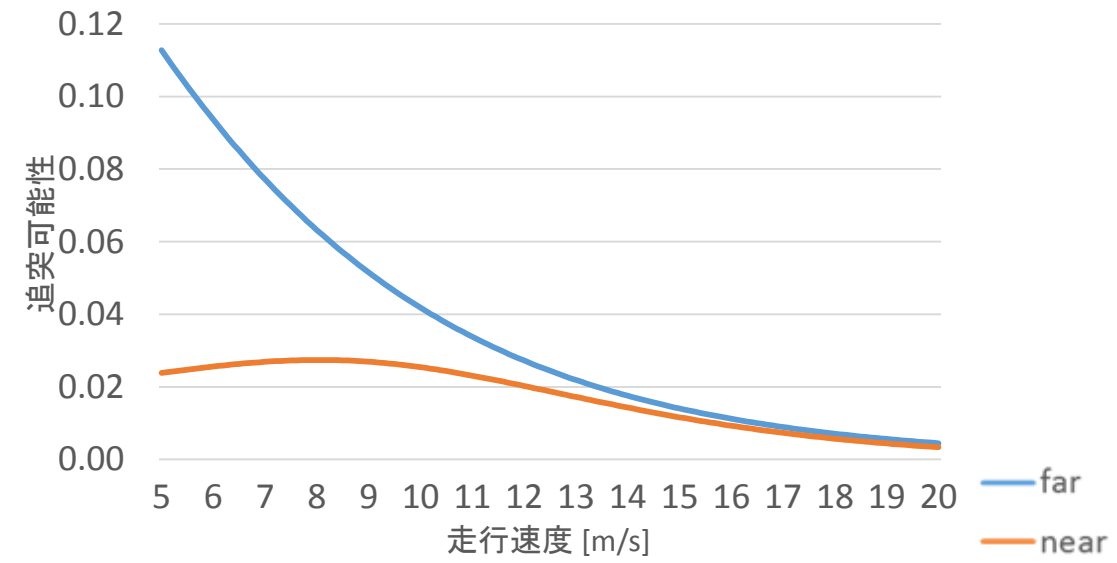


a. 5~20m/s

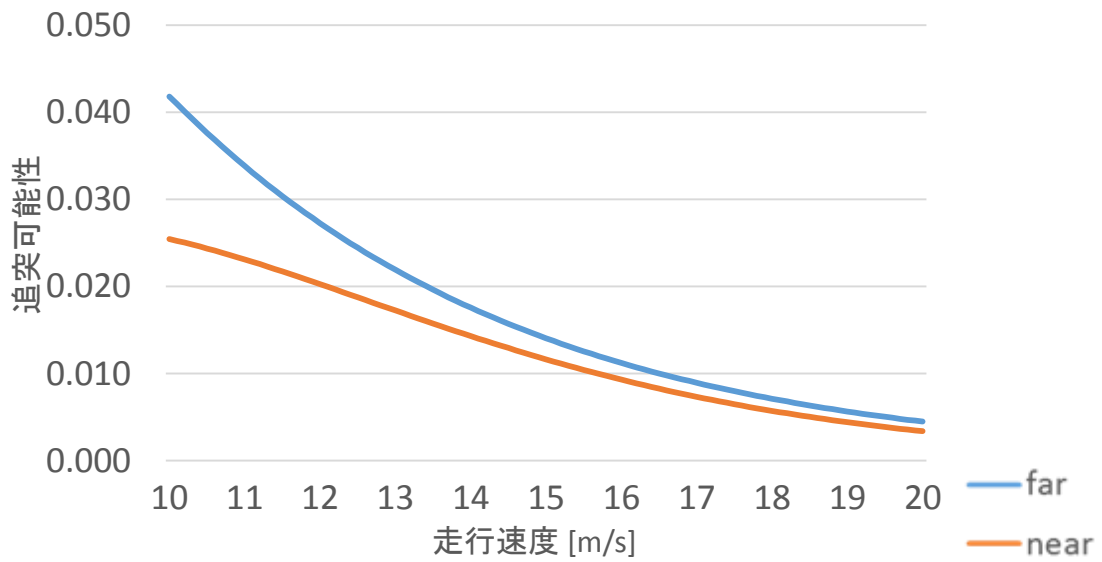


b. 10~20m/s

図 15. 追突可能性 (1 台目と 2 台目)

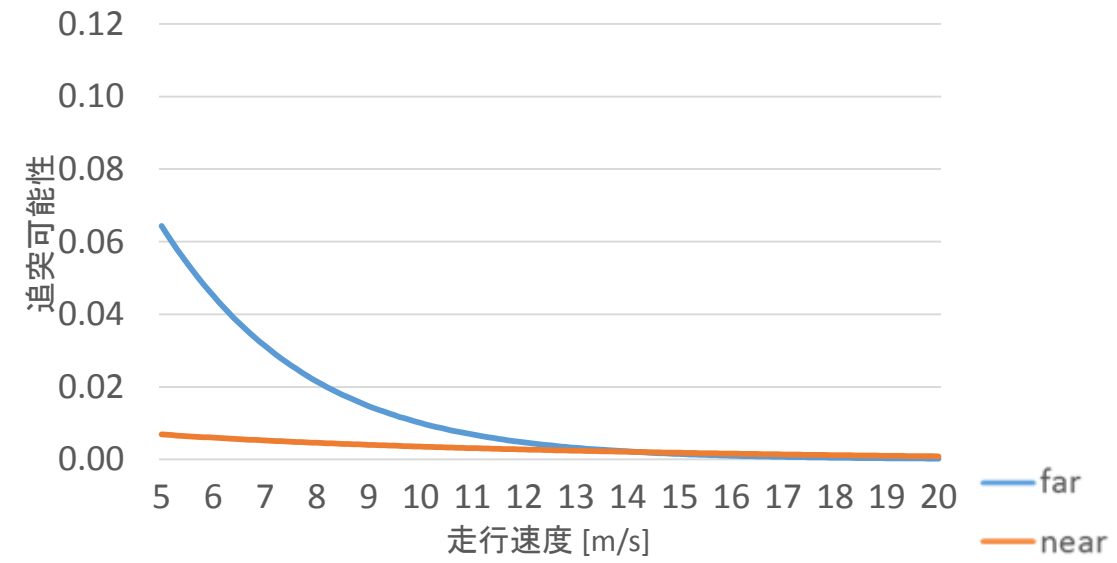


a. 5~20m/s

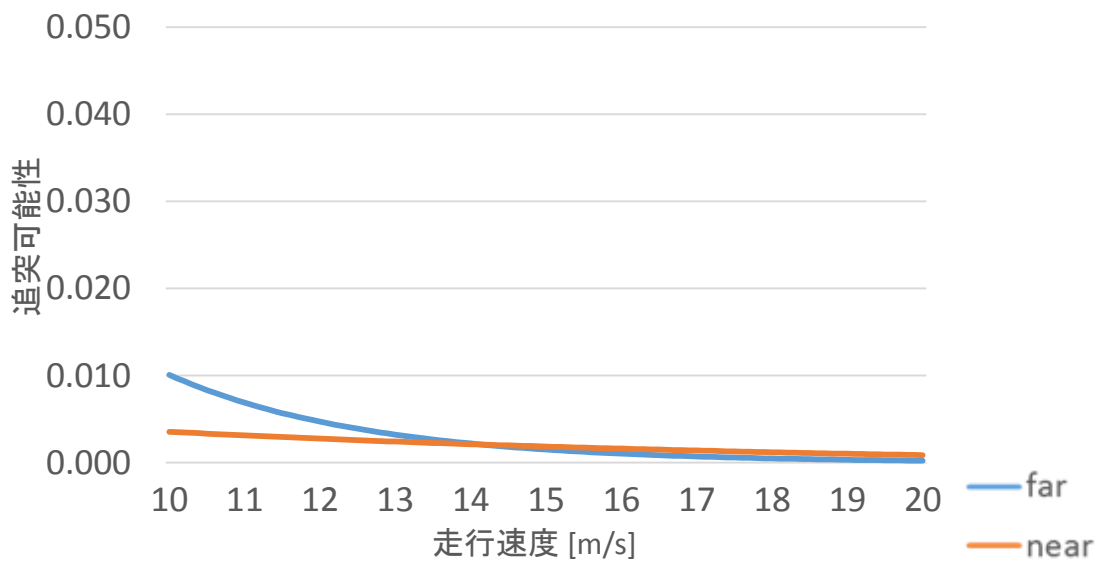


b. 10~20m/s

図 16. 追突可能性 (2 台目と 3 台目)

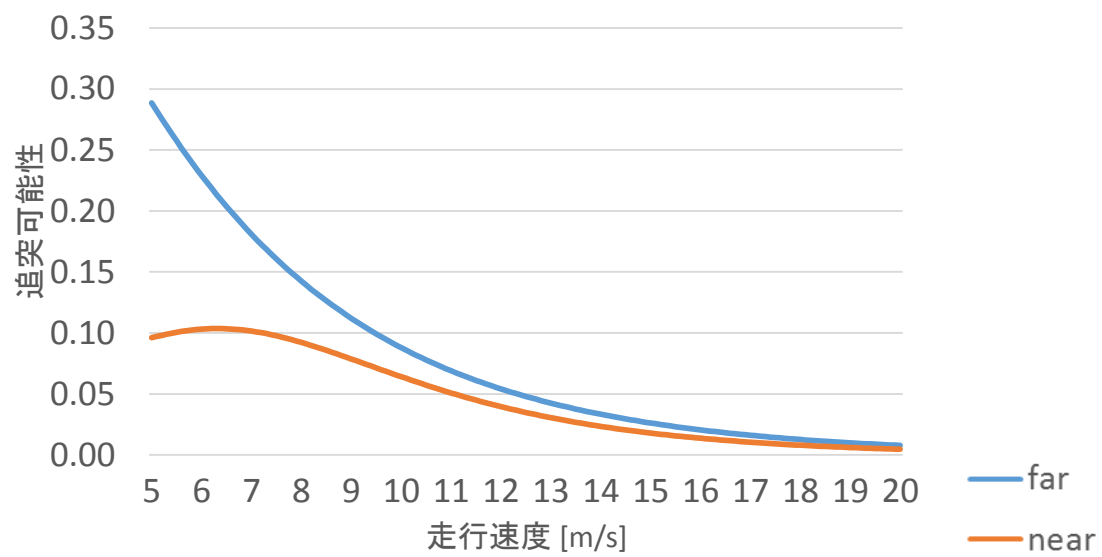


a. 5~20m/s

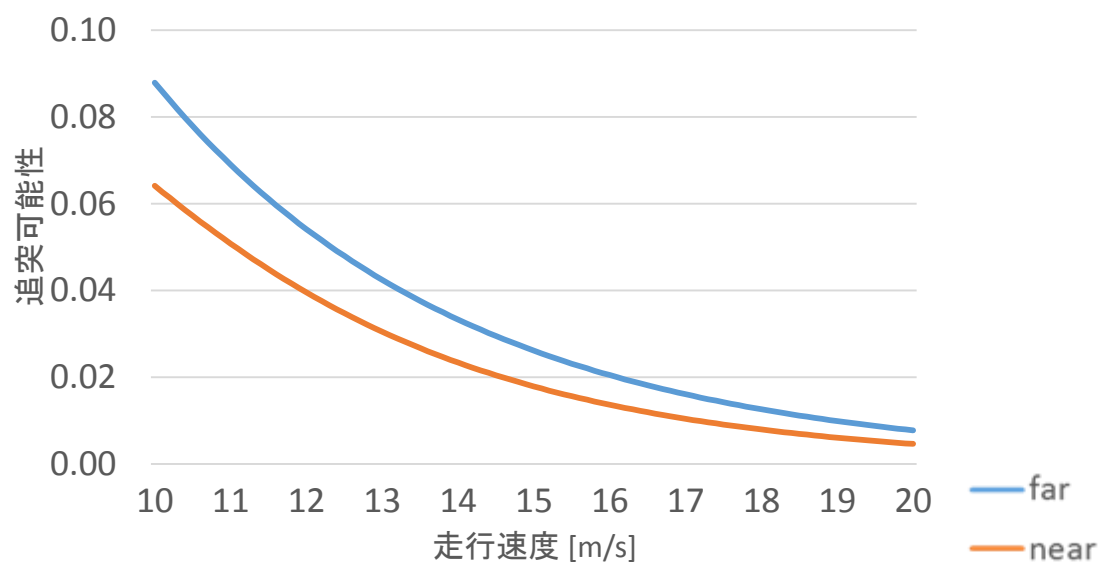


b. 10~20m/s

図 17. 追突可能性 (3 台目と 4 台目)



a. 5~20m/s



b. 10~20m/s

図 18. 追突可能性 (1~4 台目)

## 第5章 直進交通の交通容量

### 5.1 損失時間の算出

#### 5.1.1 発進損失時間

ここでは，発進損失時間の算出結果を示す．

図 19 に発進損失時間を示す．なお，発進損失時間の算出に当たり，車頭時間は飽和交通流率の逆数を用いている．

図 20 に発進損失時間の算出に用いた各車両位置での平均車頭時間を，図 21 にその車頭時間の分散を示す．さらに，図 22 に各車両位置での車頭時間を累積グラフで示す．なお，図 22 中の三角の位置は **near** と **far** の平均車頭時間を示す．

結果として，**near** の方が 0.4 秒ほど発進損失時間は小さいということがわかった．

先頭車においては，過去の研究で示されている通り，**far** の方が，反応が早い分車頭時間も小さくなっているが，2 台目以降（前方車 1 台以上のとき）の車頭時間は **near** の方が小さい傾向にあり，全体として **near** の方が，発進損失時間が小さくなった．特に，4 台目（前方車 3 台）のときは，**far** の分散の値が大きくなっており，運転者の中でばらつきが大きくなったために，平均車頭時間が大きくなったと考えられる．それに対して，**near** では分散の値に前方車台数による変化はなく，安定して発進行動が行えていることがわかる．

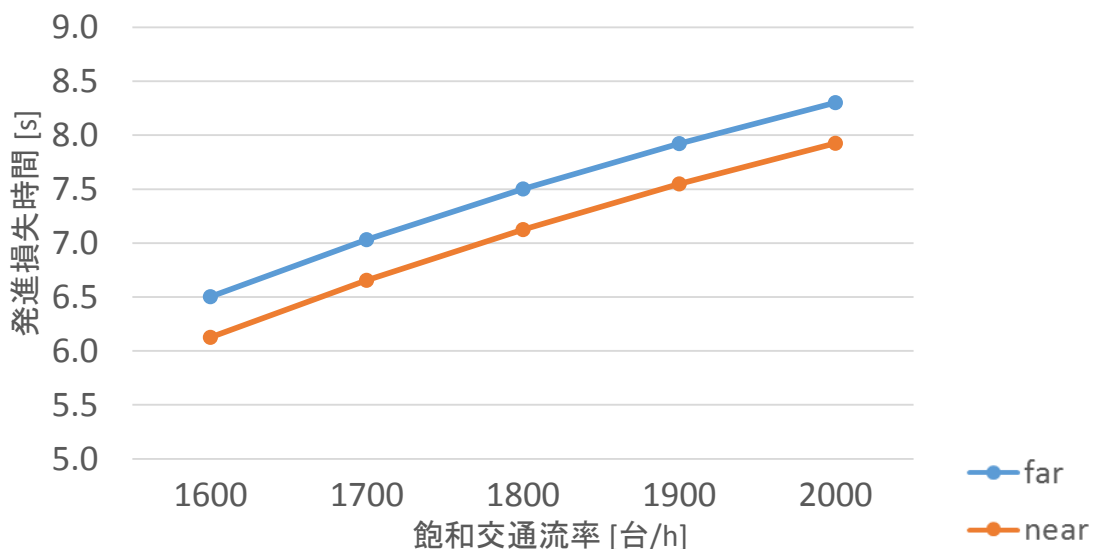


図 19. 発進損失時間

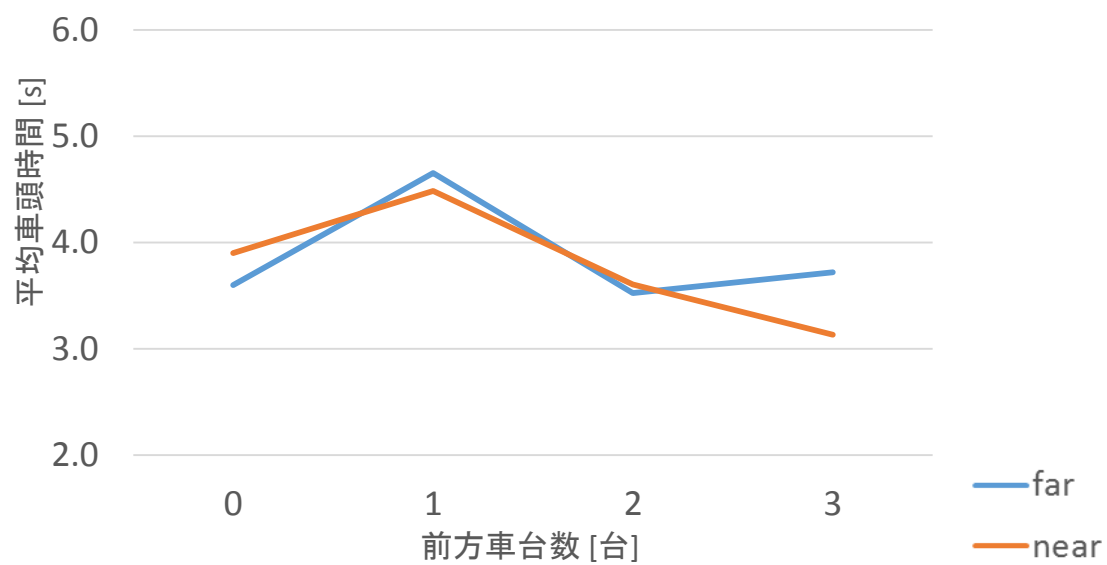


図 20. 平均車頭時間

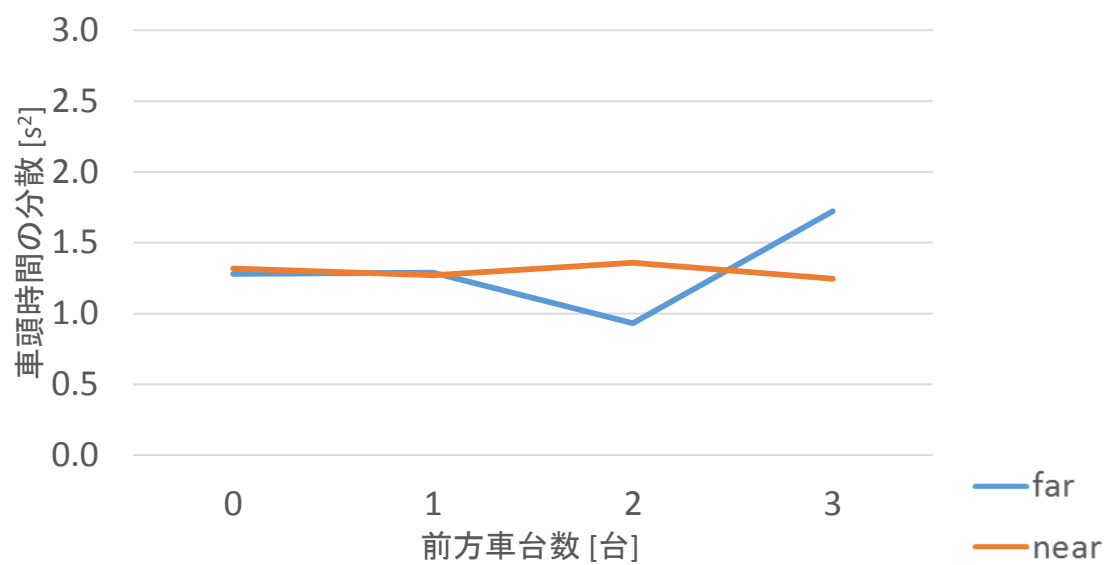
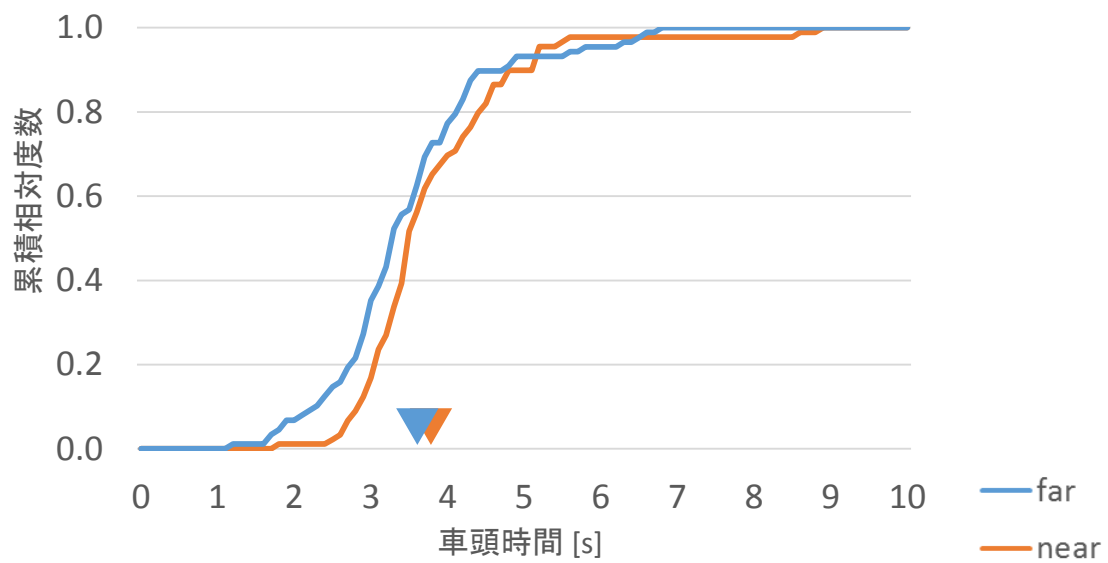
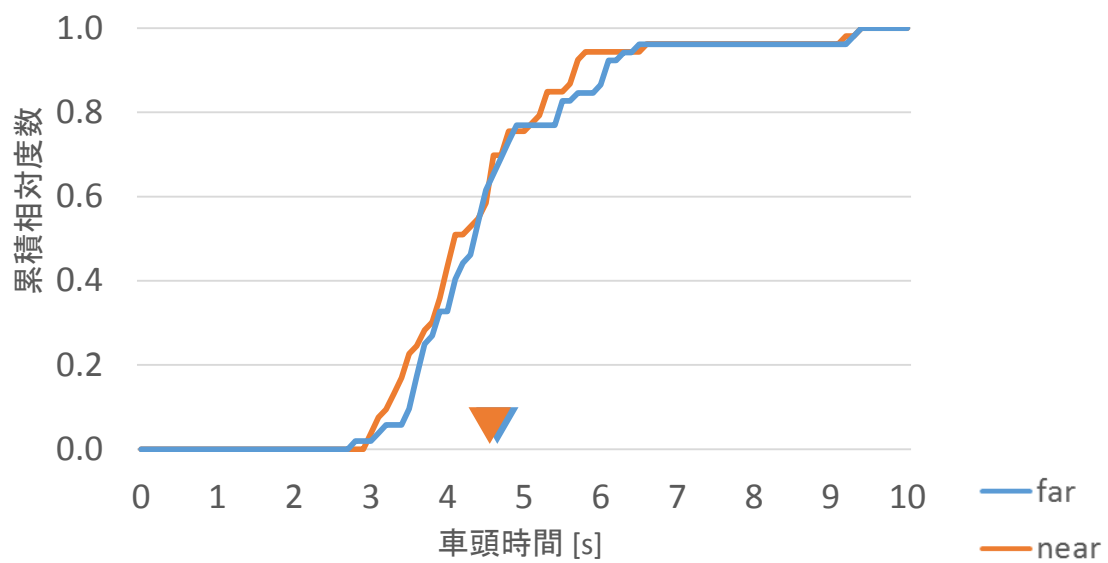


図 21. 車頭時間の分散

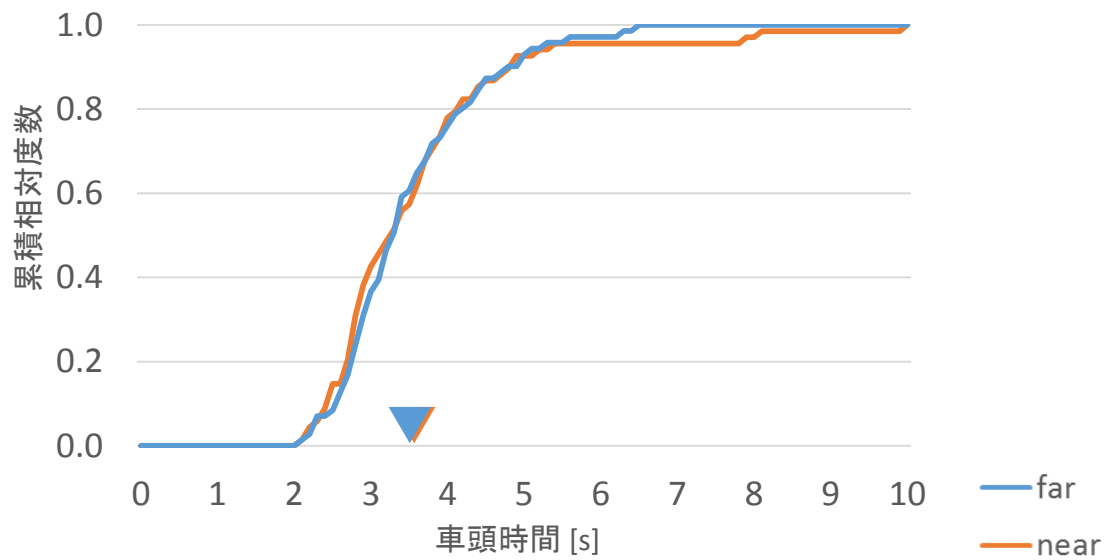




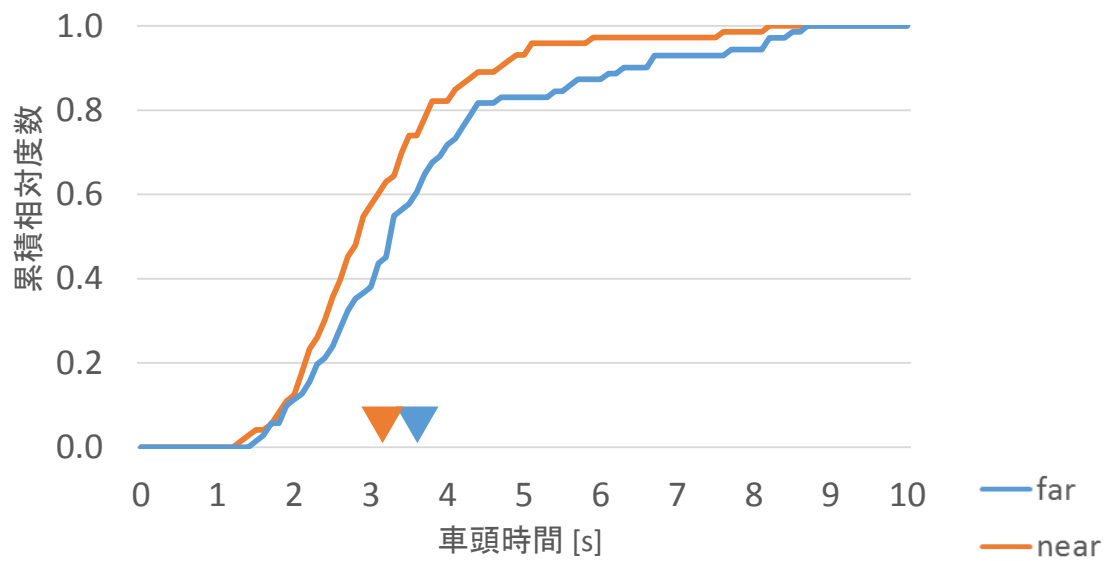
a. 前方車台数 0 台のとき



b. 前方車台数 1 台のとき



c. 前方車台数 2 台のとき



d. 前方車台数 3 台のとき

図 22. 車頭時間

### 5.1.2 クリアランス損失時間

ここでは，クリアランス損失時間の算出結果を示す．

図 23 にクリアランス損失時間を示す．なお，5.1.1 同様，車頭時間には飽和交通流率の逆数を用いている．

結果として，**near** の方が 0.4 秒ほどクリアランス損失時間は小さいということがわかった．発進損失時間の結果と合わせると，**near** の方が，0.8 秒ほど損失時間が小さいことになる．

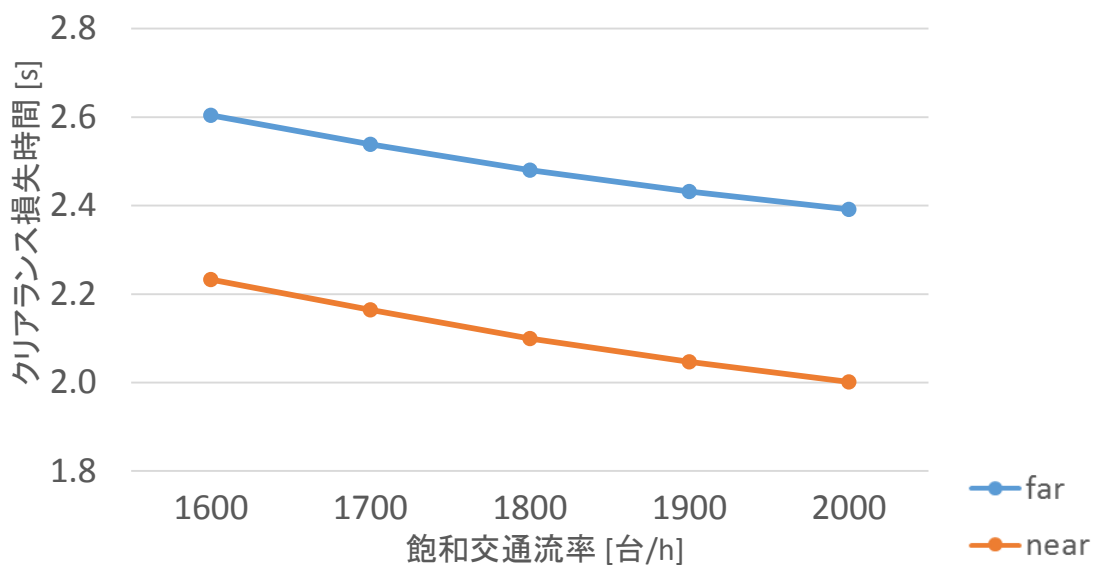


図 23. クリアランス損失時間

## 5.2 再設定に用いる黄・全赤時間の算出

ここでは、再設定に用いる黄・全赤時間の算出結果を示す。

図 24 に再設定に用いる黄時間を示す。また、図 25 と図 26 に再設定に用いる全赤時間を示す。図 27 には再設定に用いる黄・全赤時間の算出に用いた停止線通過速度を示し、図 28 には再設定に用いる黄時間の算出に用いた停止反応時間を示す。なお、図 27 中の三角の位置は **near** と **far** の平均停止線通過速度を示し、図 28 中の三角の位置は **near** と **far** の平均停止反応時間を示す。

また、図 29～図 32 に、再設定後の黄時間と全赤時間を想定したクリアランス損失時間の算出結果を示す。

結果として、**near** での挙動を現示設定に反映させると、設定前より 0.15 秒ほど長い黄時間が必要であることがわかった。また全赤時間については、クリアランス時間やエンタリング時間を反映させる **near①**と **near②**では再設定前とほとんど変わらない結果となったが、信号切り替わり時の判断を反映させる **near③**では、設定前より 0.4 秒ほど長い全赤時間が必要であることがわかった。

再設定後の黄時間と全赤時間を想定したクリアランス損失時間を見ると、全赤時間の再設定に **near①②**のパターンを用いたときは、再設定前の **near** より 1.5 秒ほど長く（再設定前の **far** より 2.5 秒ほど短く）なり、全赤時間の再設定に **near③**のパターンを用いたときは、再設定前の **near** より 4 秒以上長く（再設定前の **far** より 0.5 秒ほど長く）なっている。

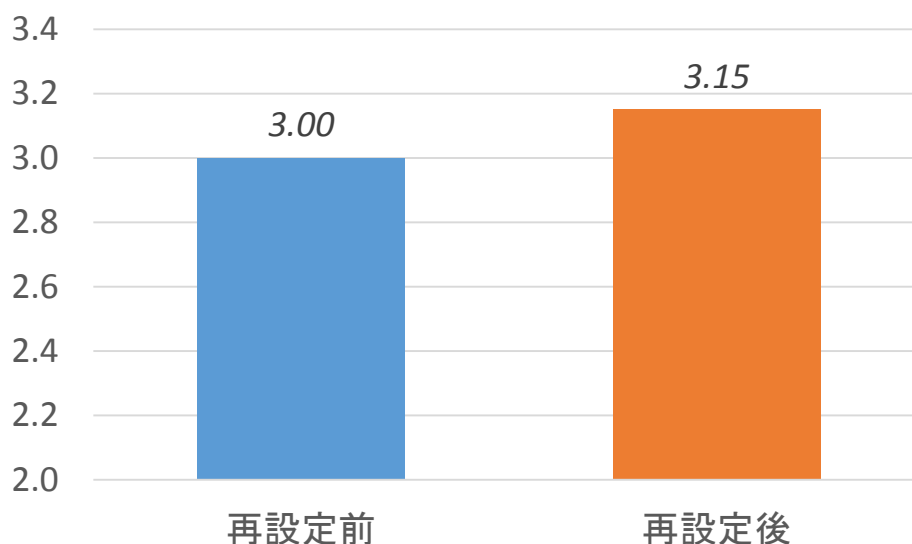


図 24. 再設定後の黄時間

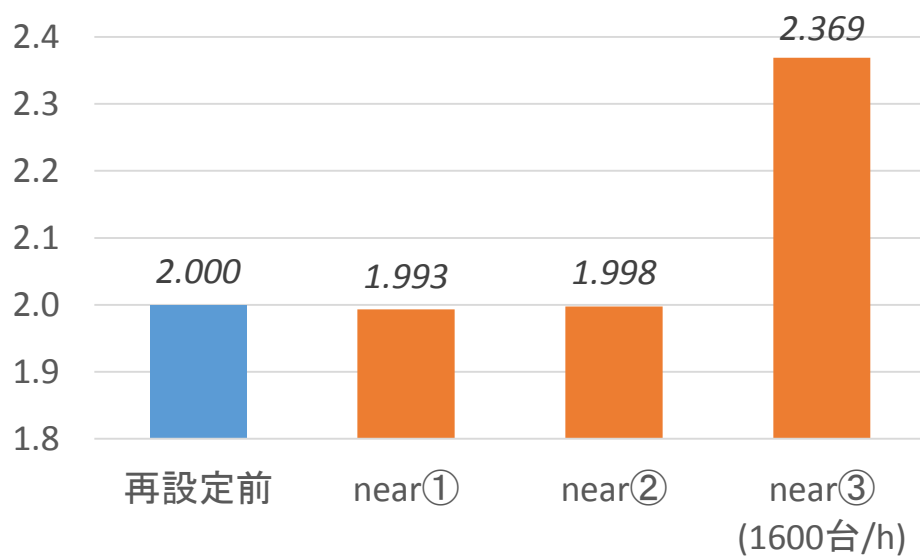


図 25. 再設定後の全赤時間

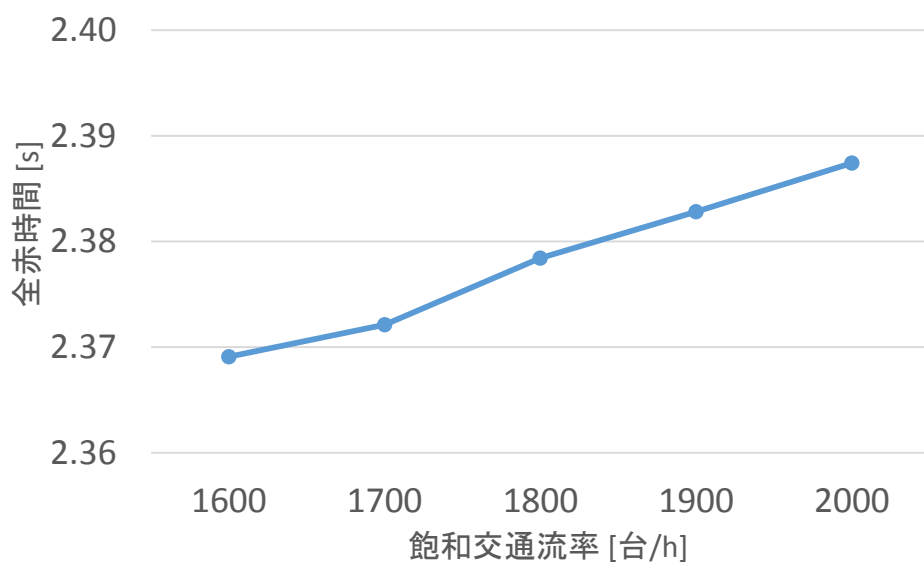


図 26. 再設定後の全赤時間 (near③)

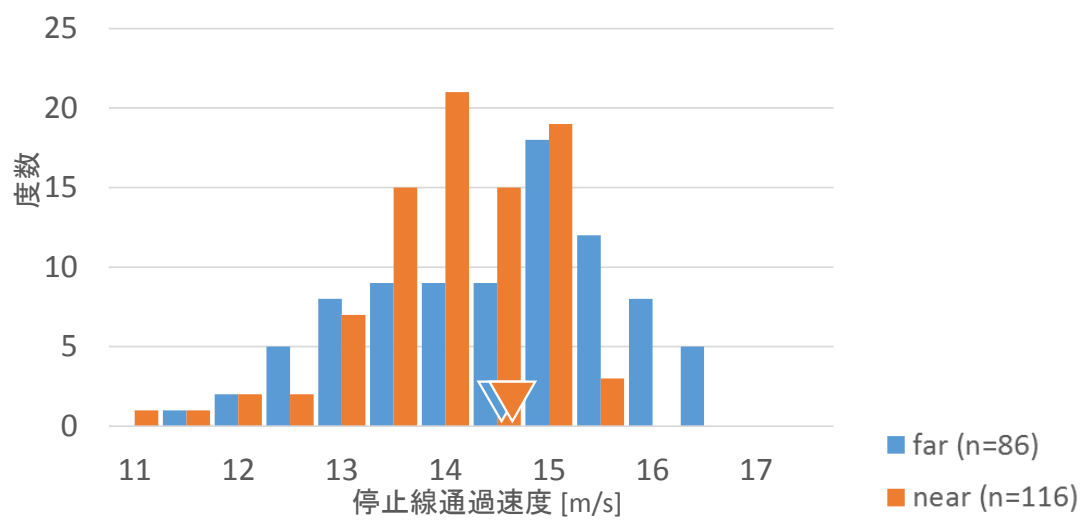
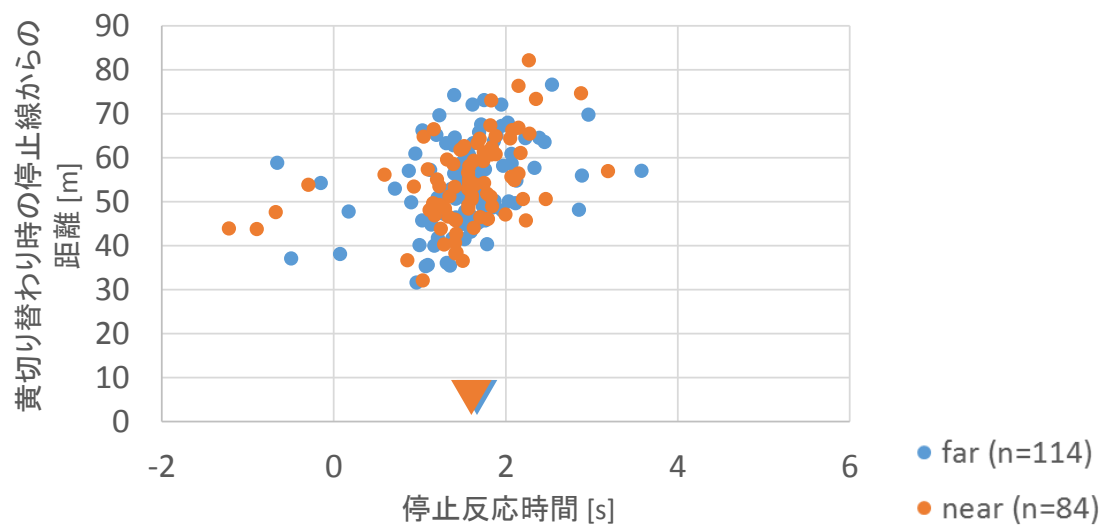
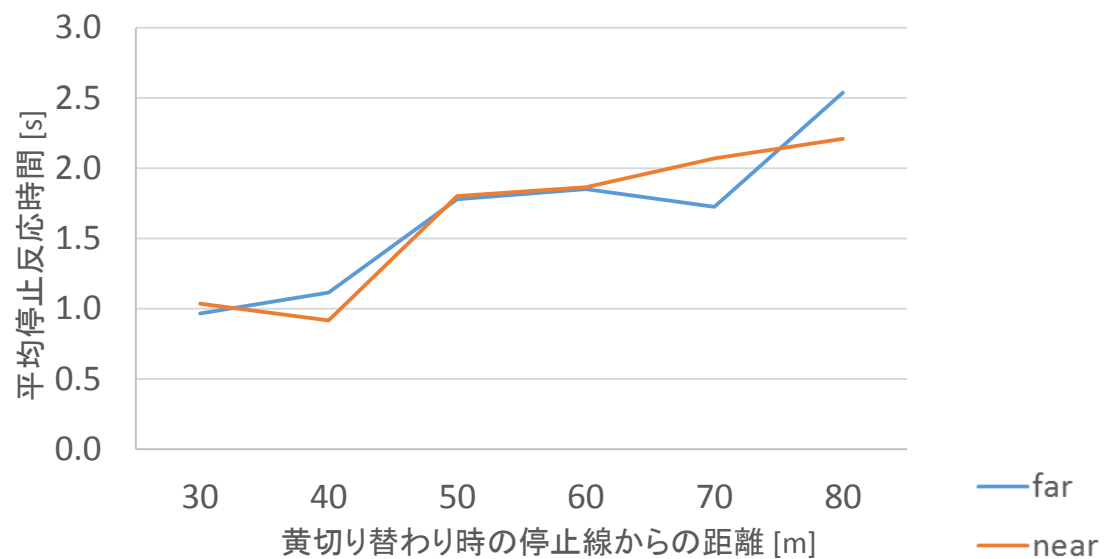


図 27. 停止線通過速度



a. 分布図



b. 各黄切り替わり時の停止線からの距離における平均停止反応時間

図 28. 停止反応時間

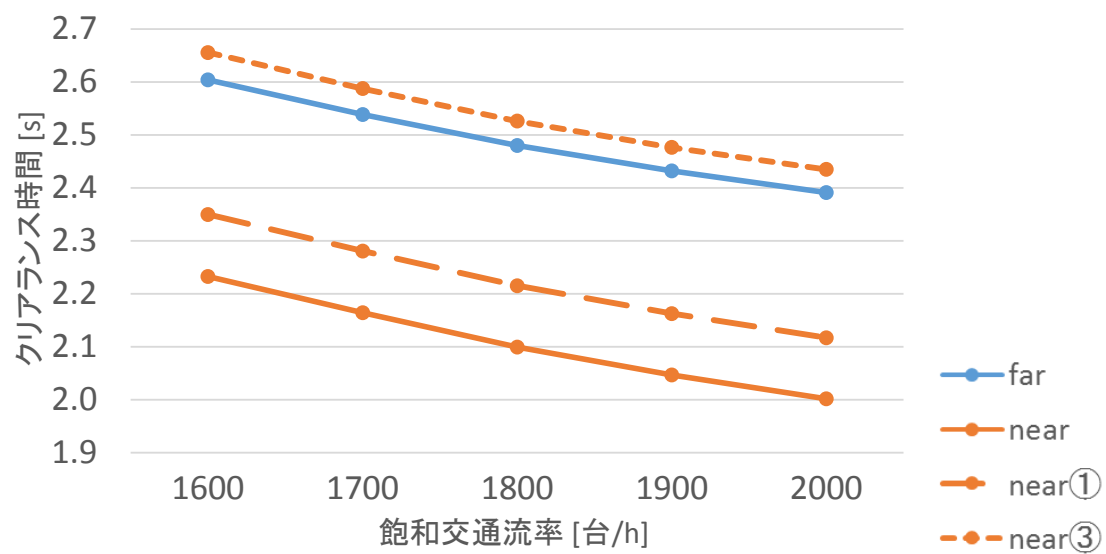


図 29. 再設定後の黄時間と全赤時間でのクリアランス損失時間

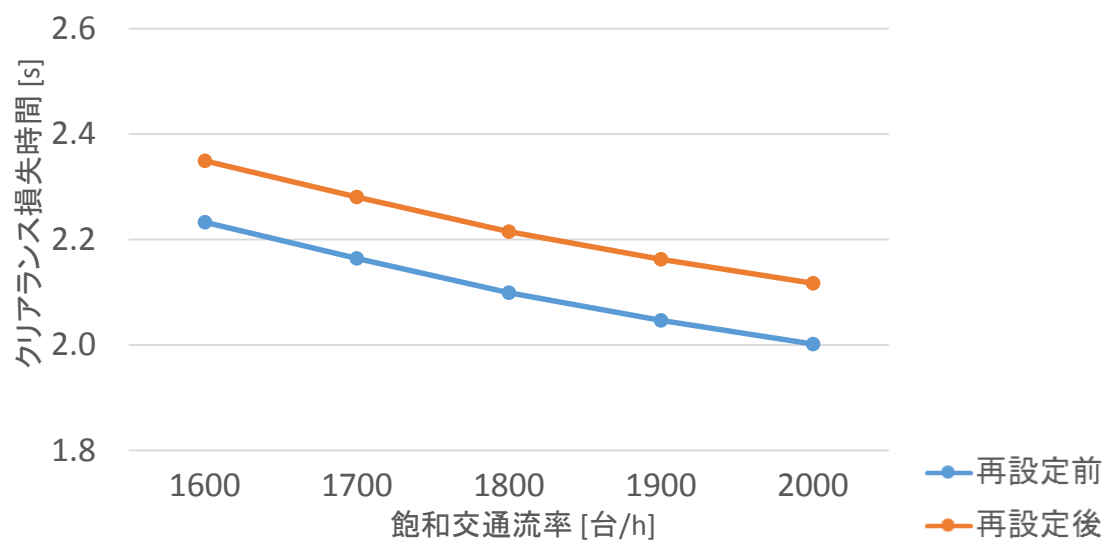


図 30. 再設定後の黄時間と全赤時間（near①）でのクリアランス損失時間



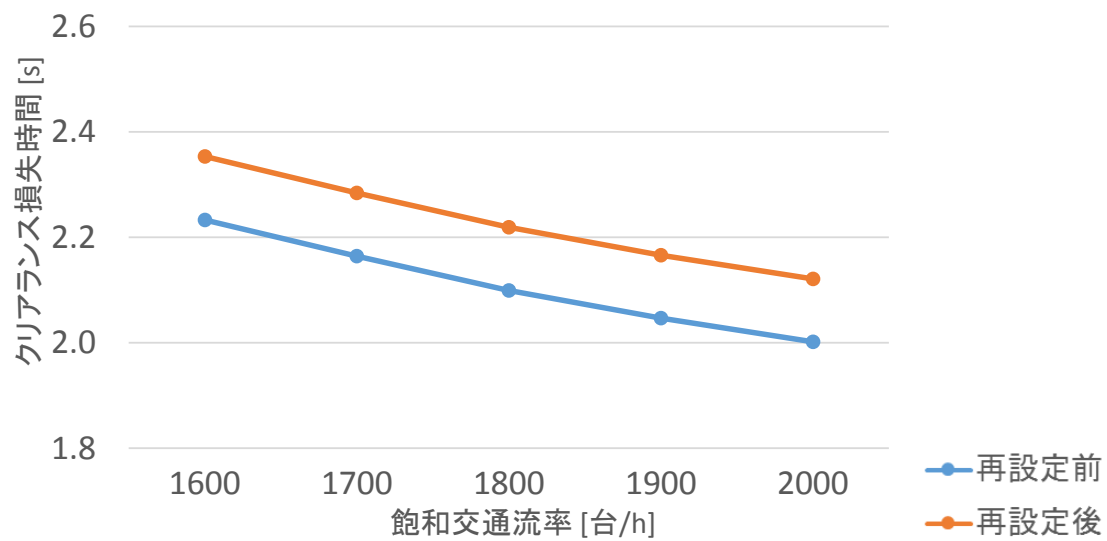


図 31. 再設定後の黄時間と全赤時間（near②）でのクリアランス損失時間

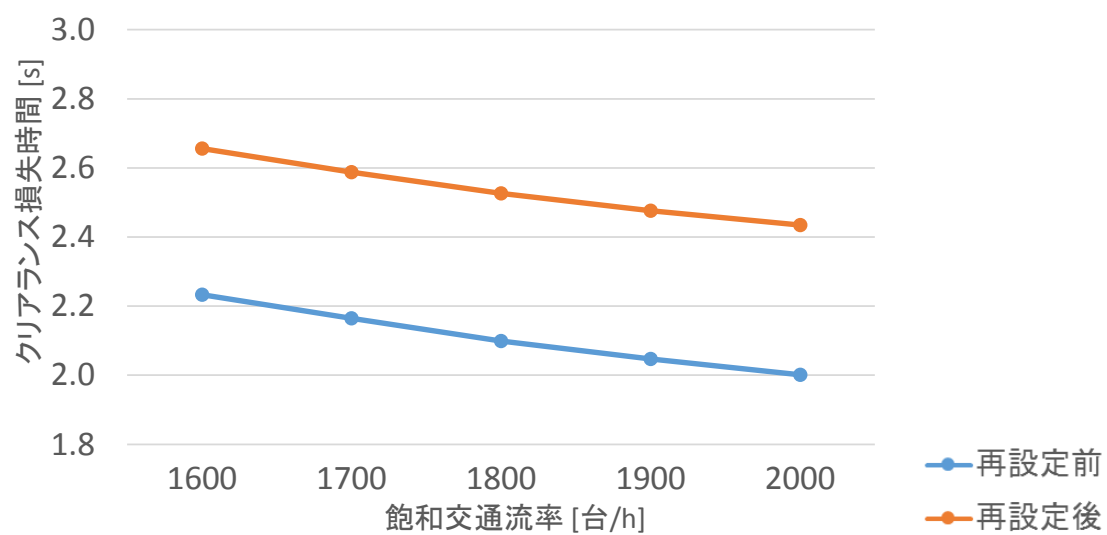


図 32. 再設定後の黄時間と全赤時間（near③）でのクリアランス損失時間

### 5.3 交通容量の算出

ここでは、5.1, 5.2 で求めた損失時間や、黄・全赤時間の再設定値を用いて、交差点の交通容量を算出した結果を示す。

図 33 に飽和交通流率 1,800 台/h, サイクル長 80 秒のときの交差点の交通容量を示す。また、図 34 にサイクル長 80 秒のときの交通容量の比較結果を示す。さらに、図 35 に far に対してどれほど交通容量が変化しているかを示す。

far と黄・全赤時間の再設定を行う前の near を比較すると、すべての条件において、far より再設定を行う前の near の方が 1.5~4.0%ほど交通容量が大きいことがわかった。飽和交通流率 1,800 台/h, サイクル長 80 秒の条件のときは、約 35 台/h (約 2.5%) 交通容量が大きくなっている。

また、far と黄・全赤時間の再設定を行った後の near を比較しても、すべての条件において、far より再設定を行った後の near の方が、交通容量が大きく、near①②のときは 1.2~3.5%ほど、near③だと 0.5~1.7%ほど大きくなっている。再設定を行う前の near と比べると変化幅は小さくなっているが、それでも far より大きい交差点の交通容量を実現できている。

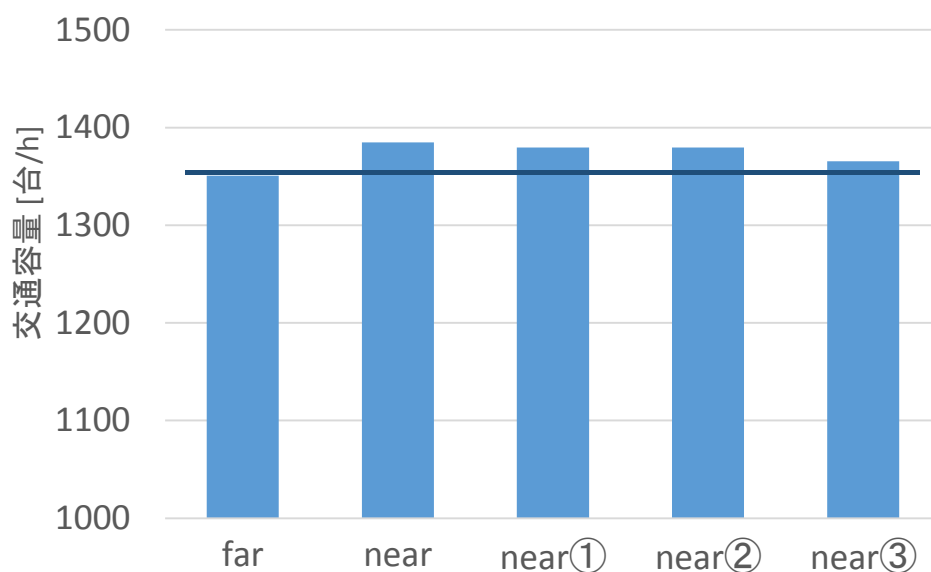
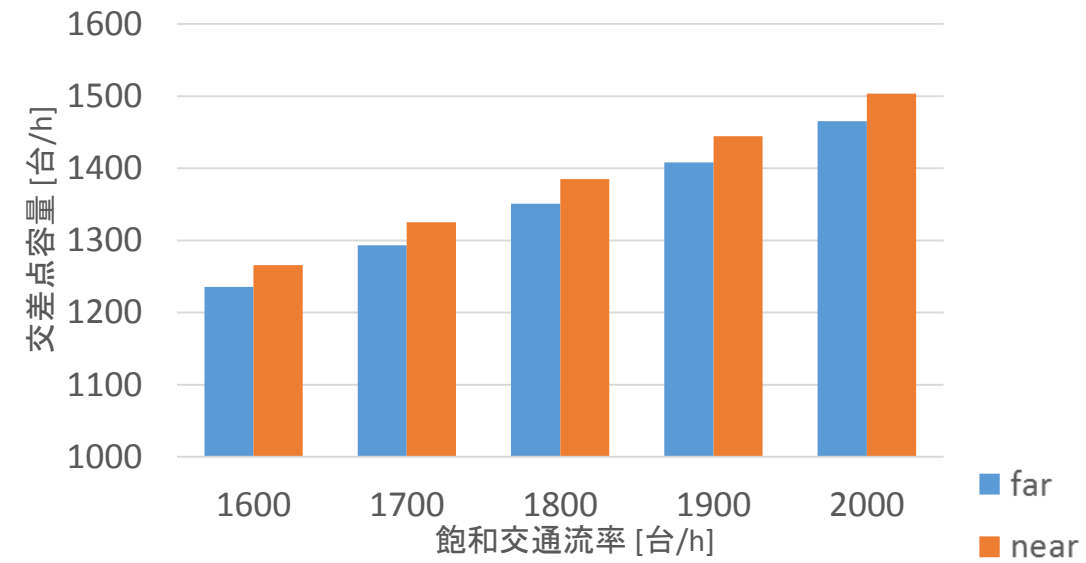
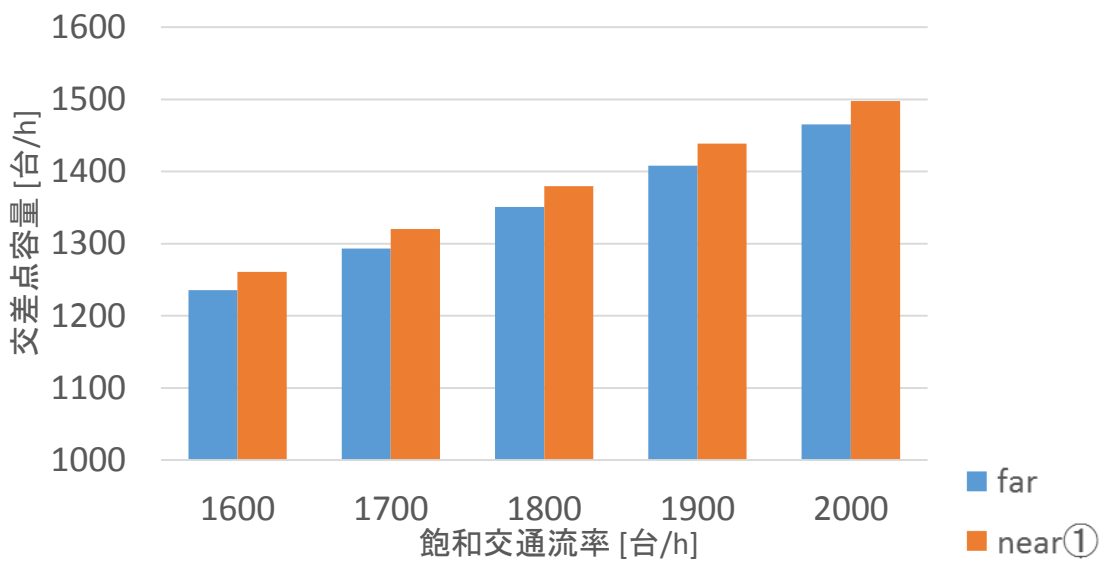


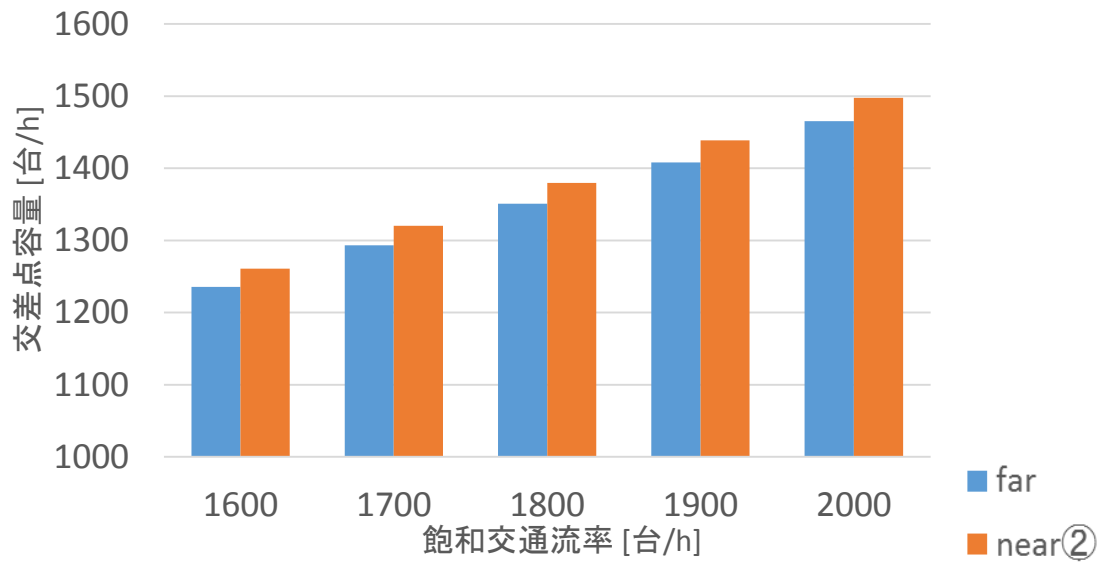
図 33. 交差点の交通容量 (飽和交通流率 1,800 台/h, サイクル長 80 秒)



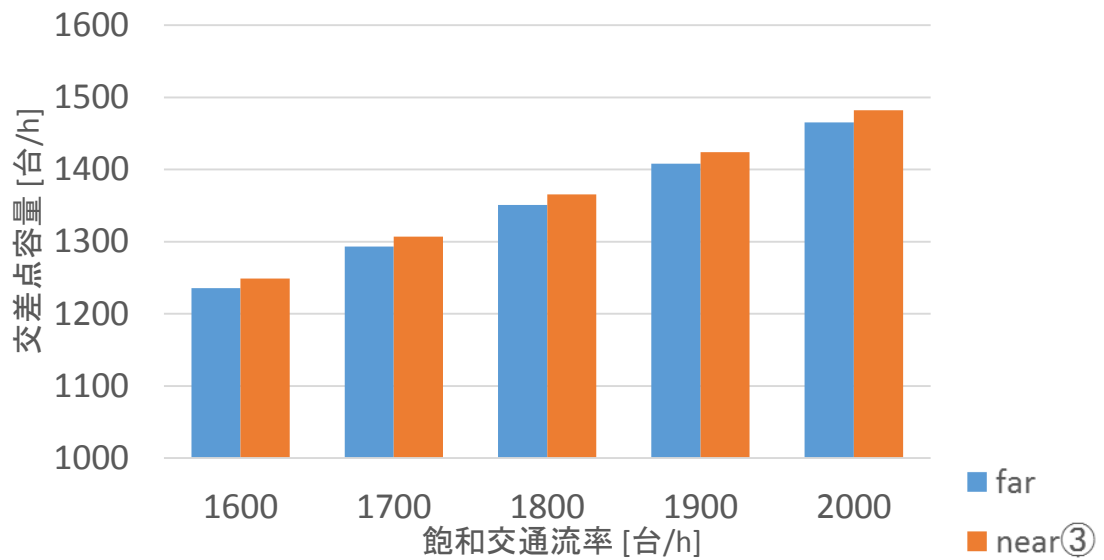
a. far と near の比較評価 (サイクル長 80 秒)



b. far と near①の比較評価 (サイクル長 80 秒)

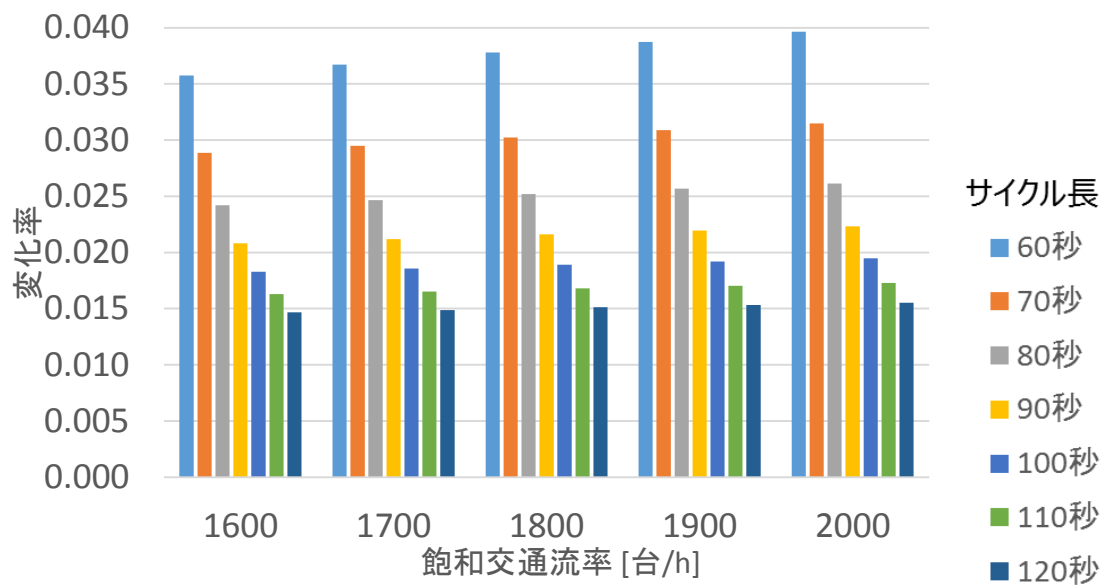


c. far と near②の比較評価 (サイクル長 80 秒)

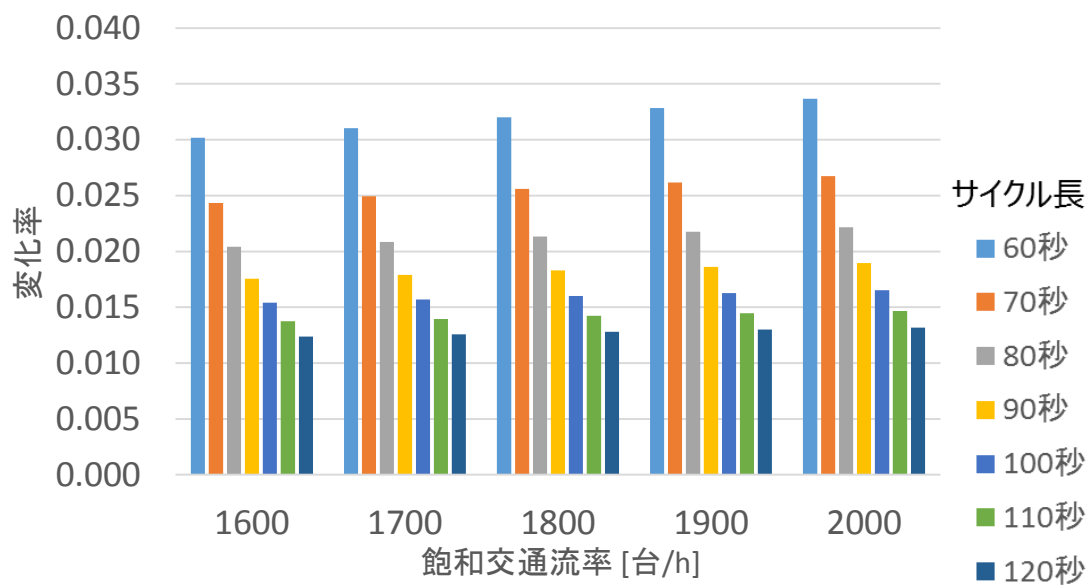


d. far と near③の比較評価 (サイクル長 80 秒)

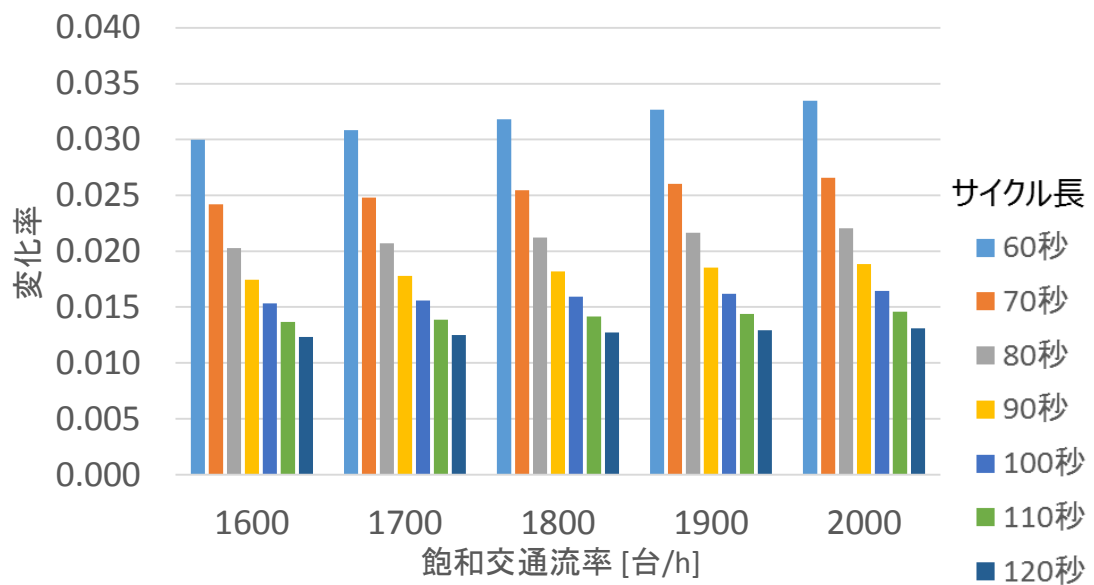
図 34. 交差点の交通容量の比較結果



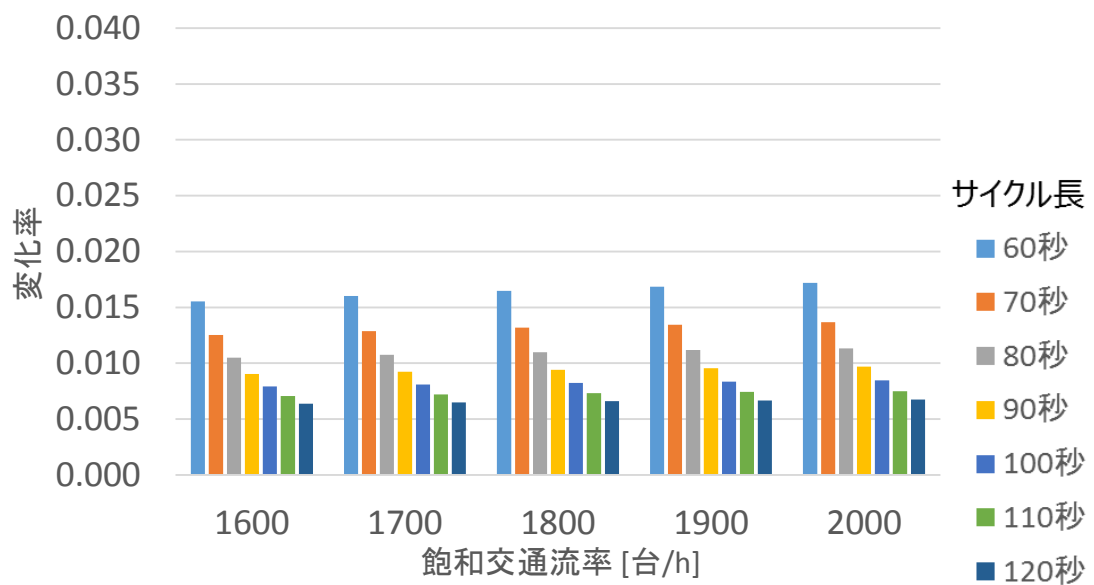
a. far に対する near の交通容量の増加率



b. far に対する near①の交通容量の増加率



c. far に対する near②の交通容量の増加率



d. far に対する near③の交通容量の増加率

図 35. far に対する交通容量の増加率

## 第6章 直進交通の交錯点通過時間差

### 6.1 発進反応時間

ここでは、交差方向から駆け込みが発生したときの発進反応時間の評価結果を示す。

図 36 に駆け込み発生時の平均発進反応時間を、図 37 にその分散を示す。また、図 38 に各駆け込み車両の交差点進入タイミングにおける発進反応時間を累積グラフで示す。

near と far を比較すると, near の方が全体的に平均の発進反応時間もその分散も小さく, far より円滑な発進挙動となっていることがわかる。

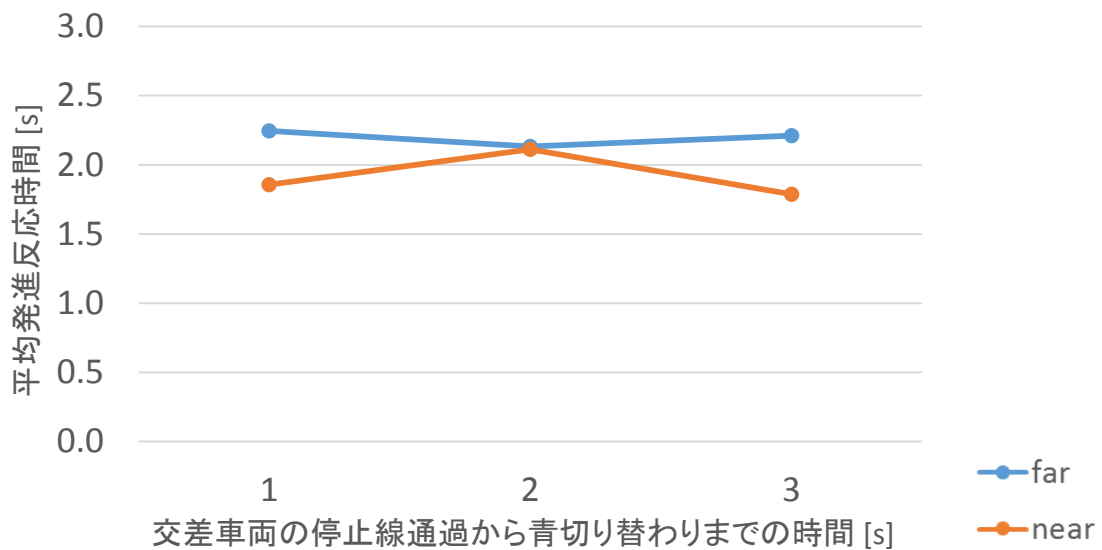


図 36. 駆け込み発生時の平均発進反応時間

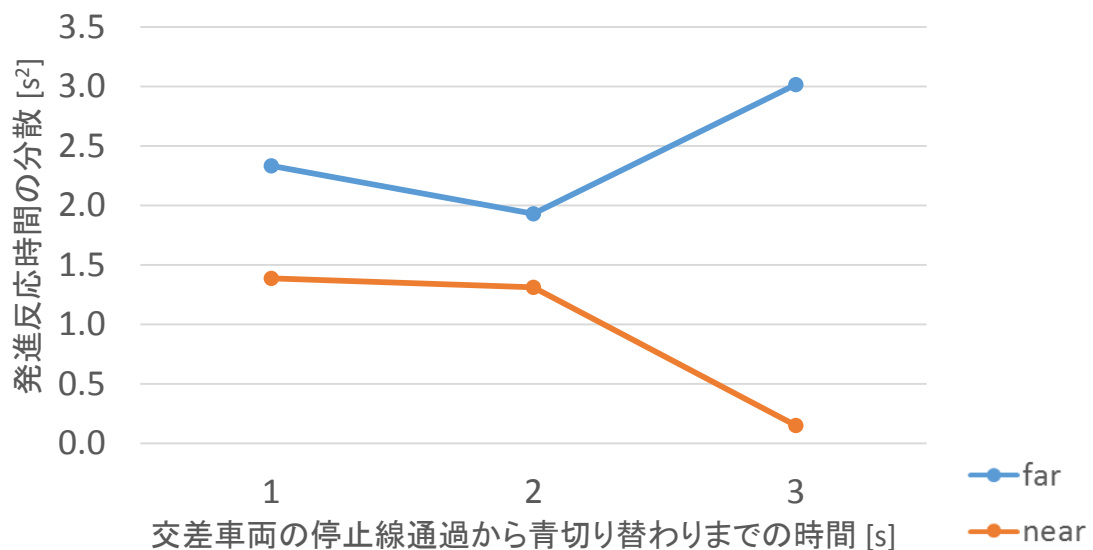
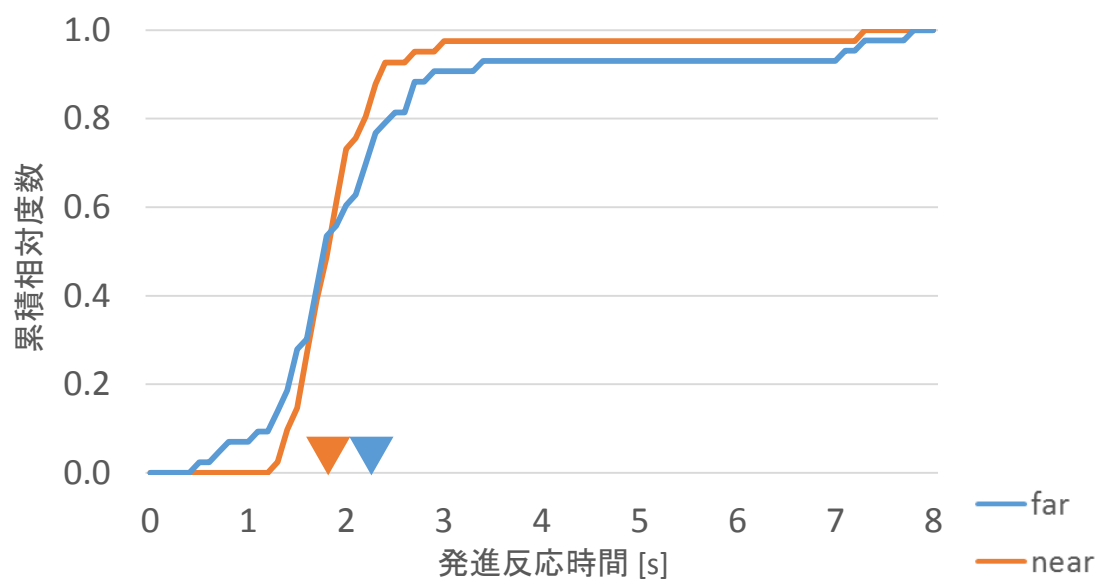
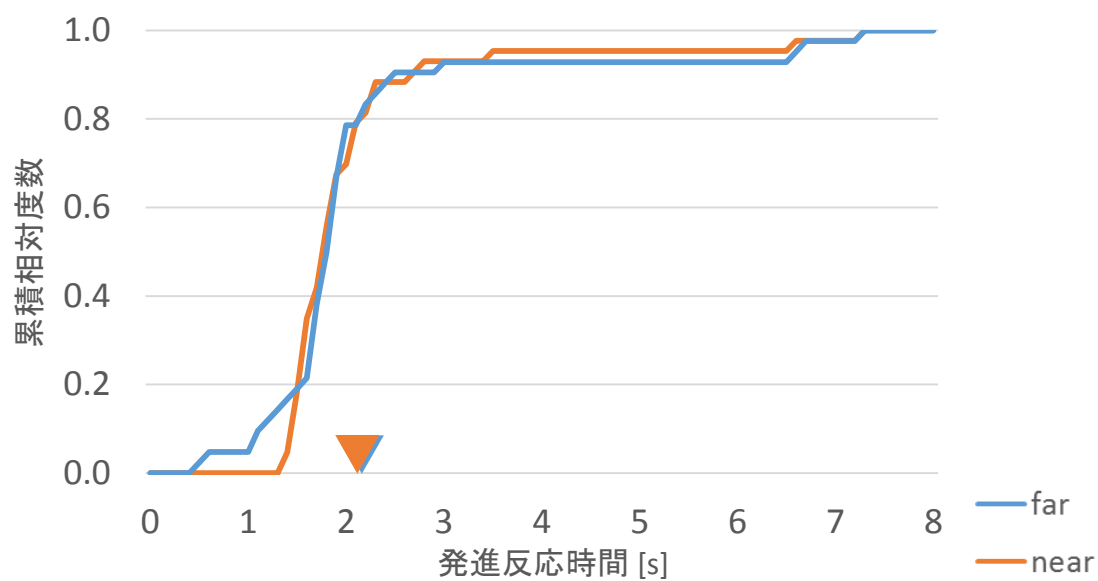


図 37. 駆け込み発生時の発進反応時間の分散

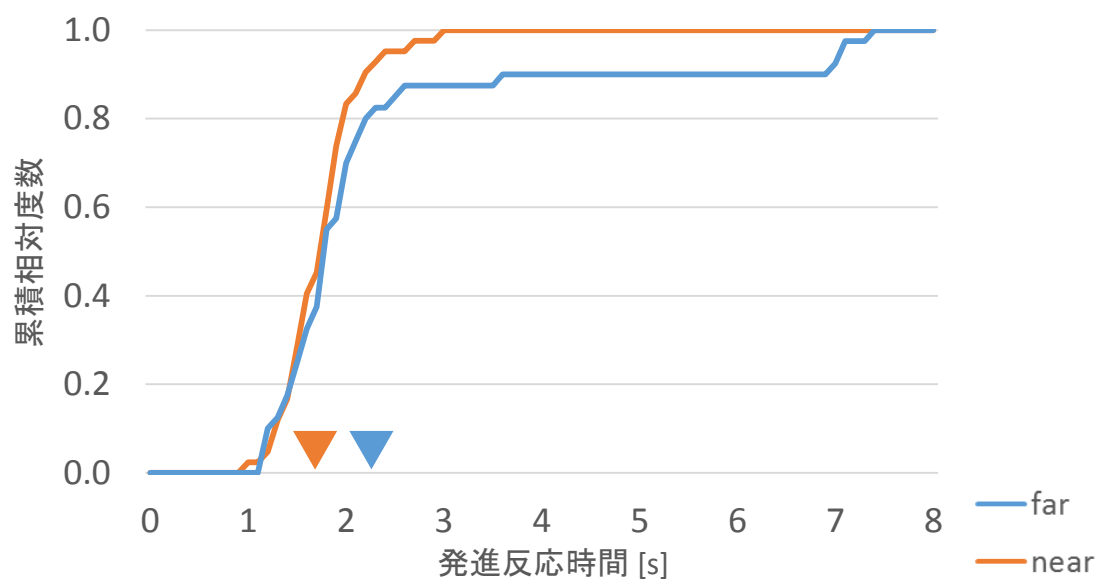


a. 交差方向車両が青開始 1 秒前に停止線を通過したとき



b. 交差方向車両が青開始 2 秒前に停止線を通過したとき





c. 交差方向車両が青開始 3 秒前に停止線を通過したとき

図 38. 発進反応時間

## 6.2 交錯点通過時間

ここでは、交差方向から駆け込みが発生したときの交錯点通過時間の評価結果を示す。

図 39 に駆け込み発生時の平均交錯点通過時間を、図 40 にその分散を示す。また、図 41 に各駆け込み車両の交差点進入タイミングにおける交錯点通過時間を累積グラフで示す。

near と far を比較すると、発進反応時間と同様に、near の方が全体的に平均の交錯点通過時間もその分散も小さく、far より円滑な発進挙動となっていることがわかる。

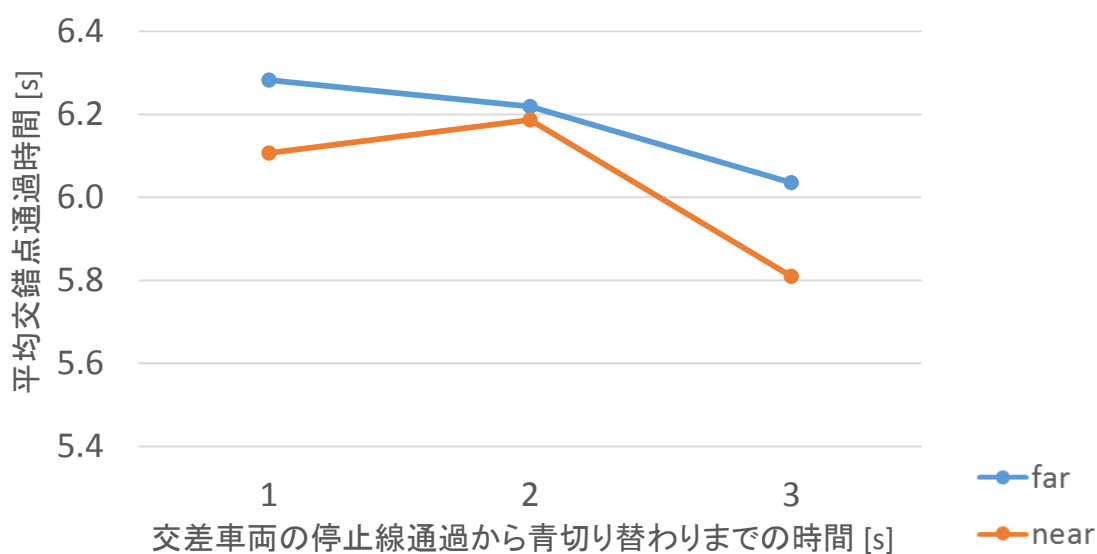


図 39. 駆け込み発生時の平均交錯点通過時間

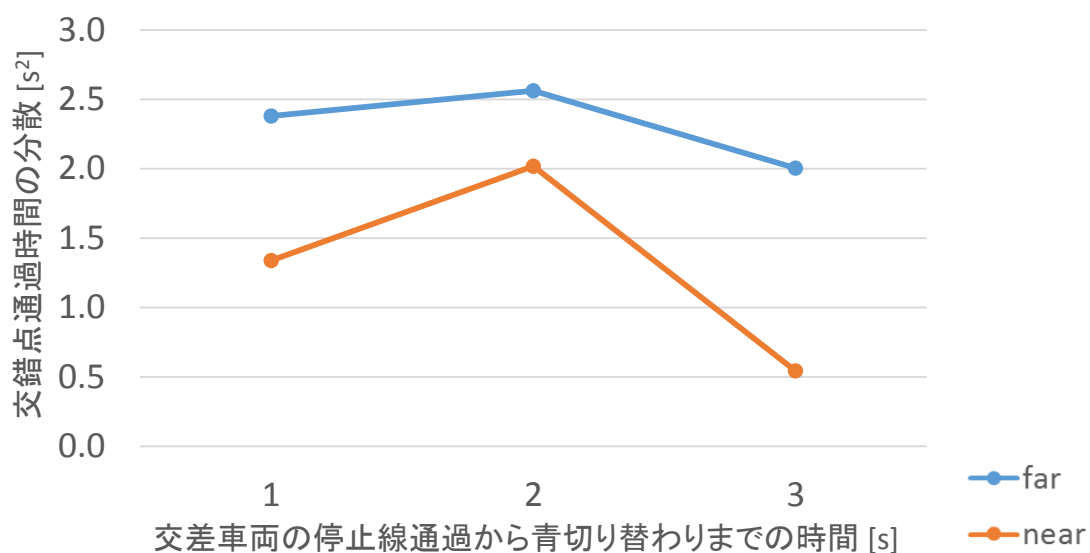
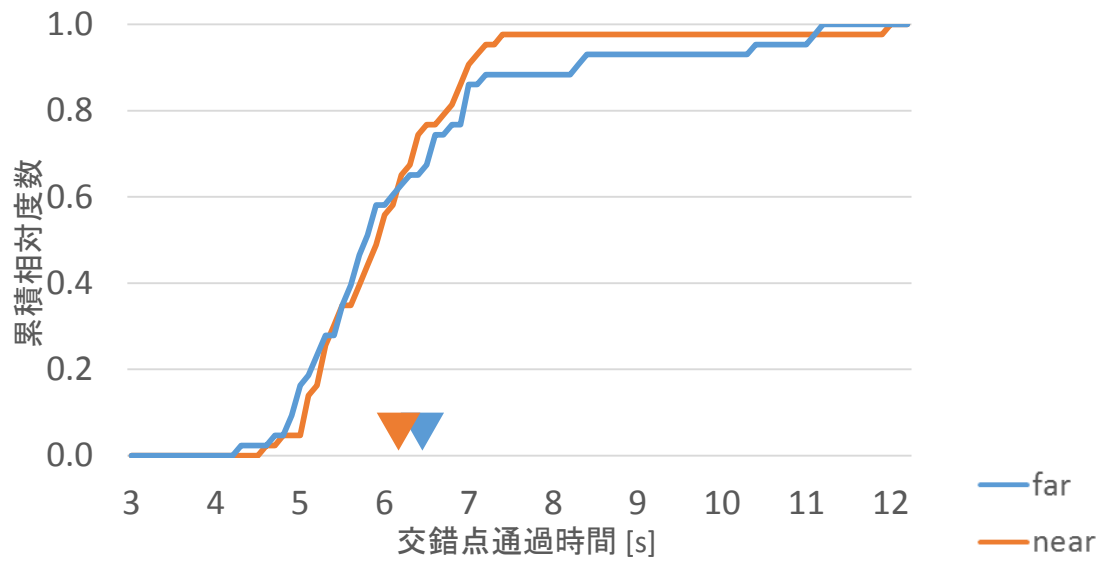
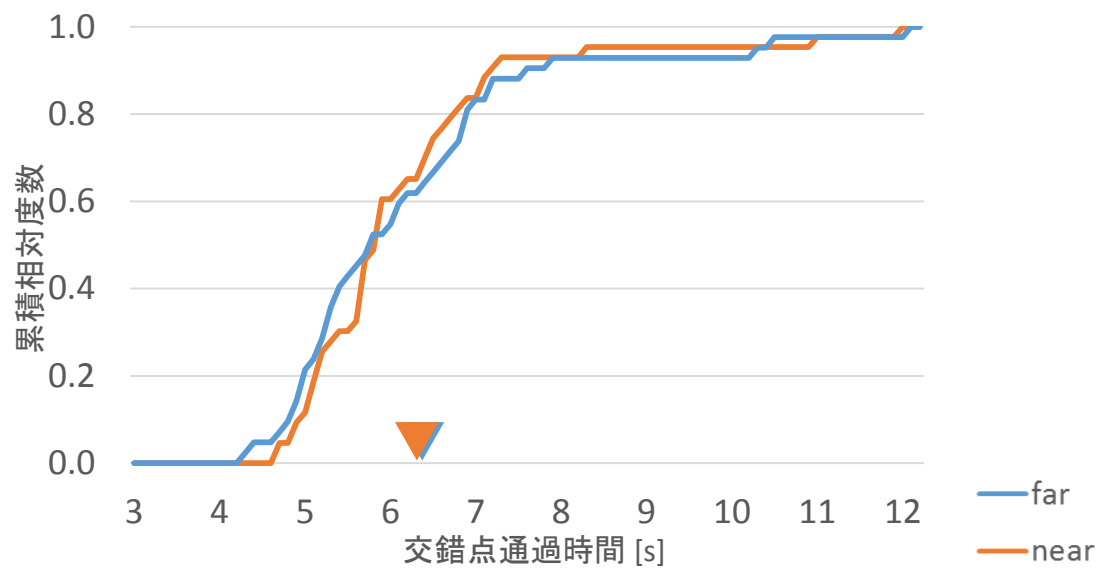


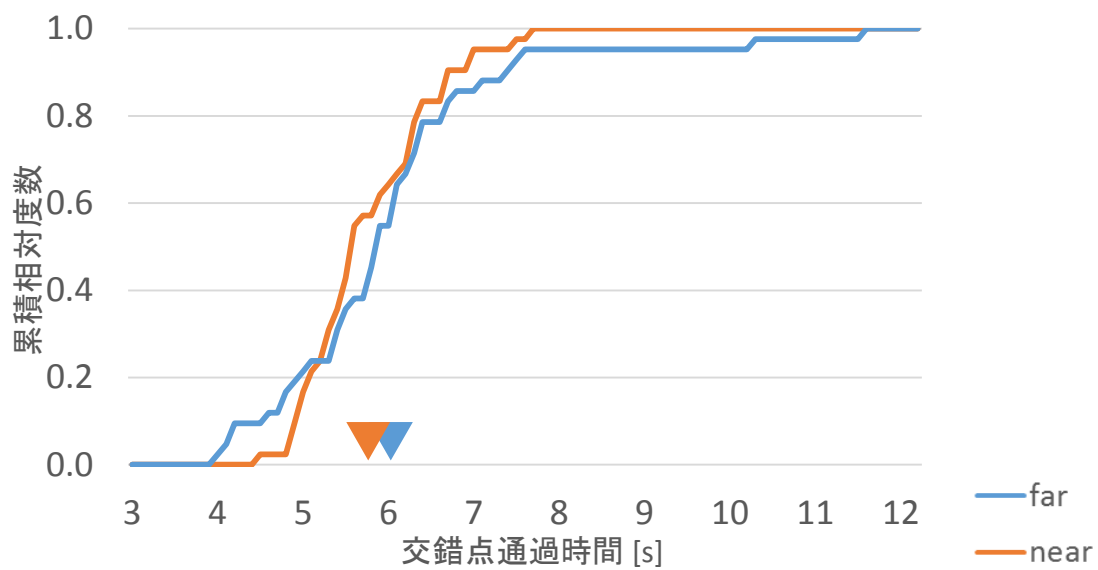
図 40. 駆け込み発生時の交錯点通過時間の分散



a. 交差方向車両が青開始 1 秒前に停止線を通過したとき



b. 交差方向車両が青開始 2 秒前に停止線を通過したとき



c. 交差方向車両が青開始 3 秒前に停止線を通過したとき

図 41. 交錯点通過時間

### 6.3 交錯点通過時の走行速度

ここでは、交差方向から駆け込みが発生したときの交錯点通過時の走行速度の評価結果を示す。

図 42 に駆け込み発生時の交錯点通過時の平均走行速度を、図 43 にその分散を示す。図 44 には交錯点通過時の全体平均走行速度を示す。さらに、図 45 に各駆け込み車両の交差点進入タイミングにおける交錯点通過時の走行速度を累積グラフで示す。

near と far を比較すると、near の方が全体的に平均の交錯点通過時の平均走行速度も小さく、その分散も小さい傾向にあり、far より円滑な発進挙動となっていることがわかる。

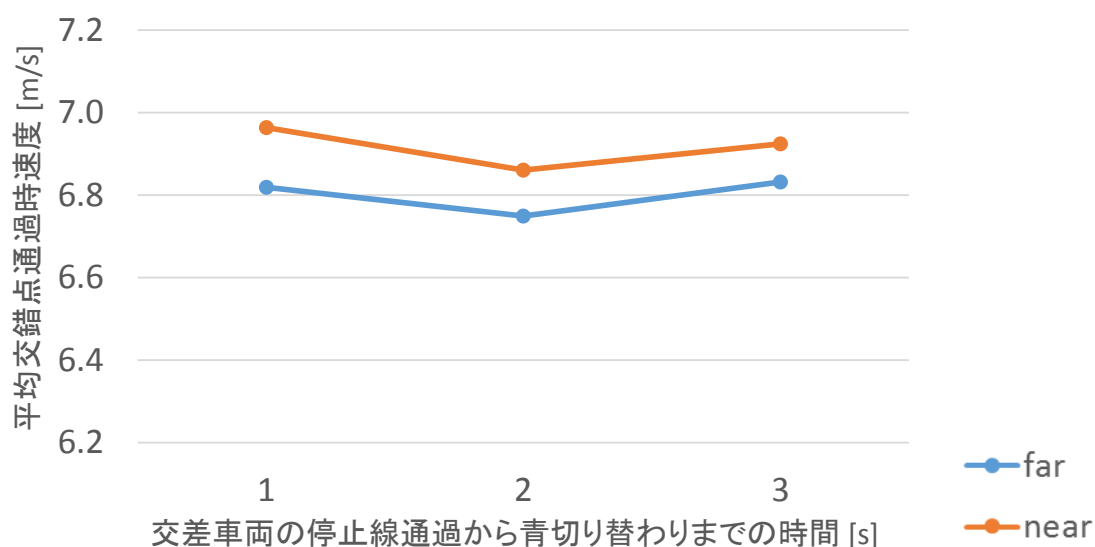


図 42. 駆け込み発生時の平均交錯点通過時速度

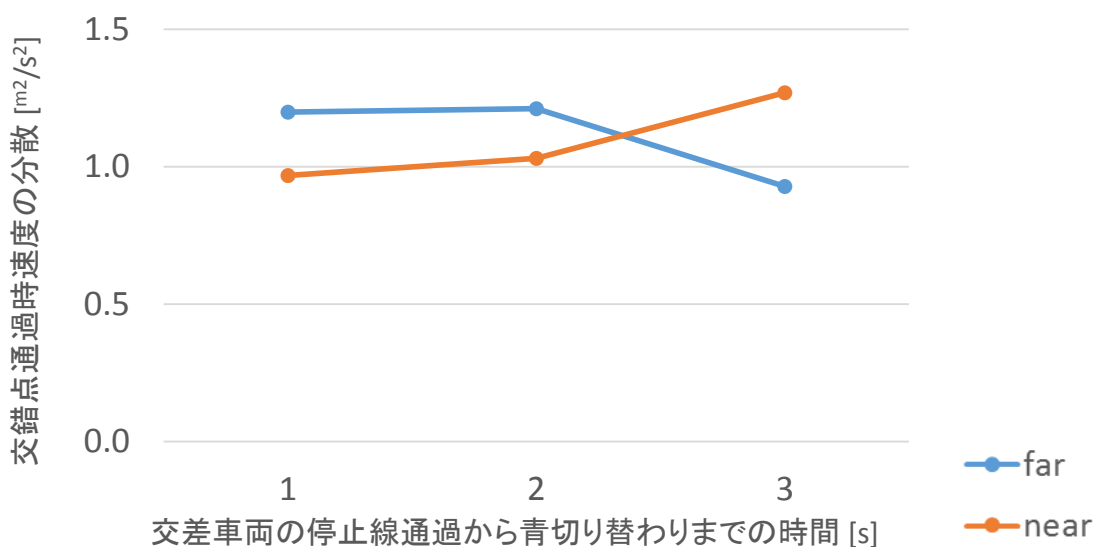


図 43. 駆け込み発生時の交錯点通過時速度の分散

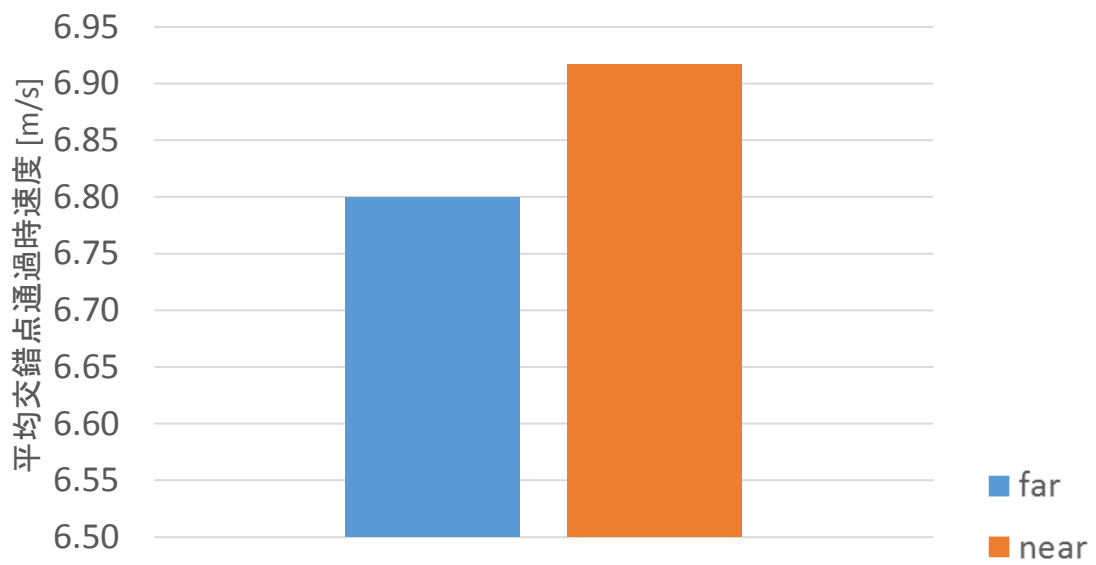
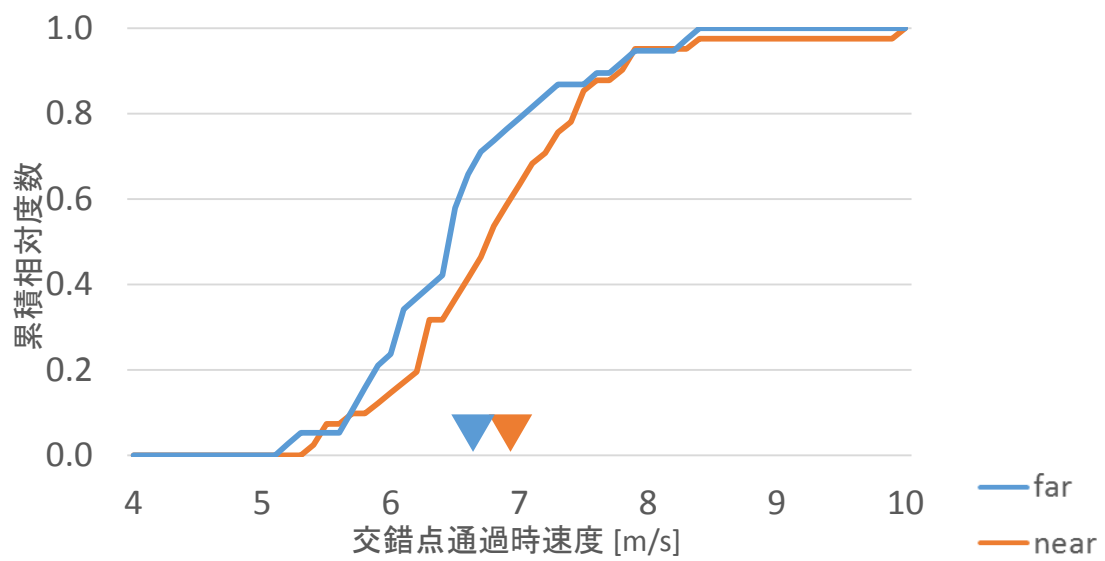
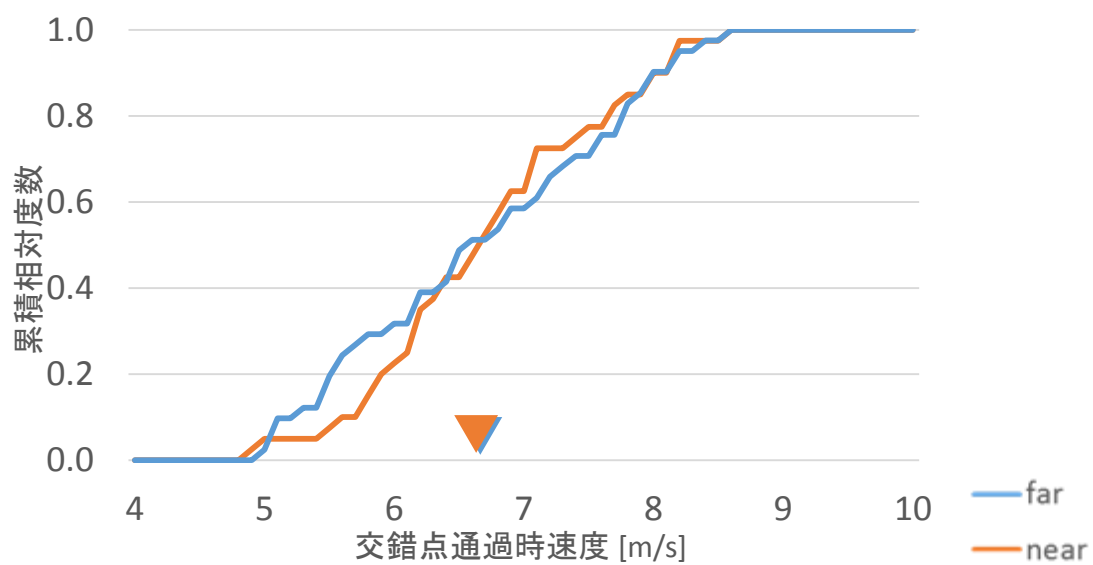


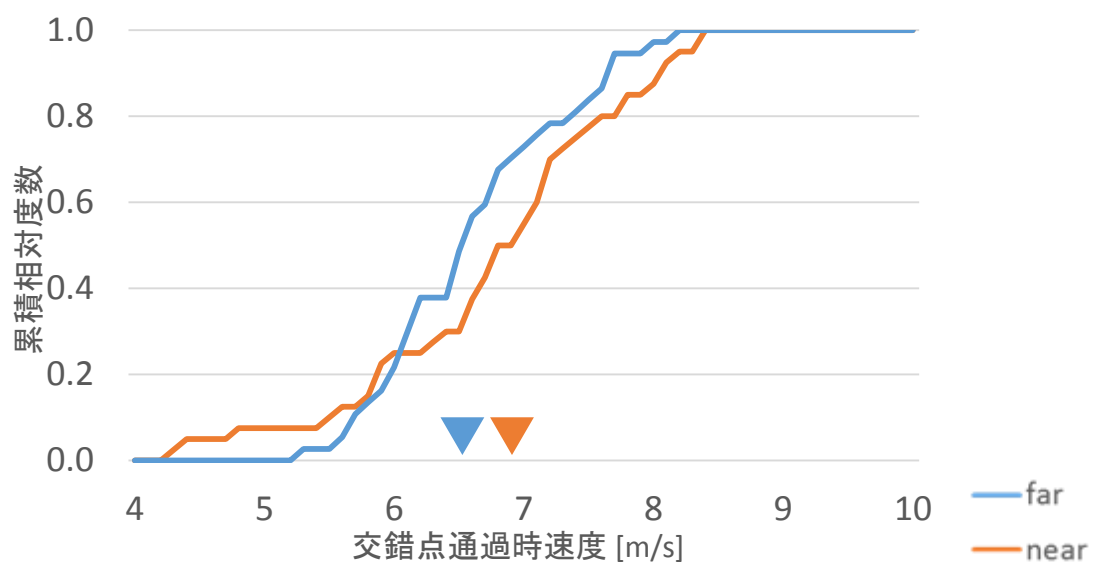
図 44. 駆け込み発生時の全交差車両進入タイミングでの平均交錯点通過時速度



a. 交差方向車両が青開始 1 秒前に停止線を通過したとき



b. 交差方向車両が青開始 2 秒前に停止線を通過したとき



c. 交差方向車両が青開始 3 秒前に停止線を通過したとき

図 45. 交錯点通過時の走行速度

## 第7章 右折交通のクリアランスに要する時間

### 7.1 クリアランスに要する時間

ここでは、右折交通のクリアランスに要する時間の評価結果を示す。

図 46 に右折時のクリアランスに要する平均時間を、図 47 にその分散を示す。さらに、図 48 に各対向車ギャップにおけるクリアランスに要する時間を累積グラフで示す。

near と far を比較すると、対向車のギャップが大きいときに、near のクリアランスに要する時間が far より大きくなっていることがわかる。

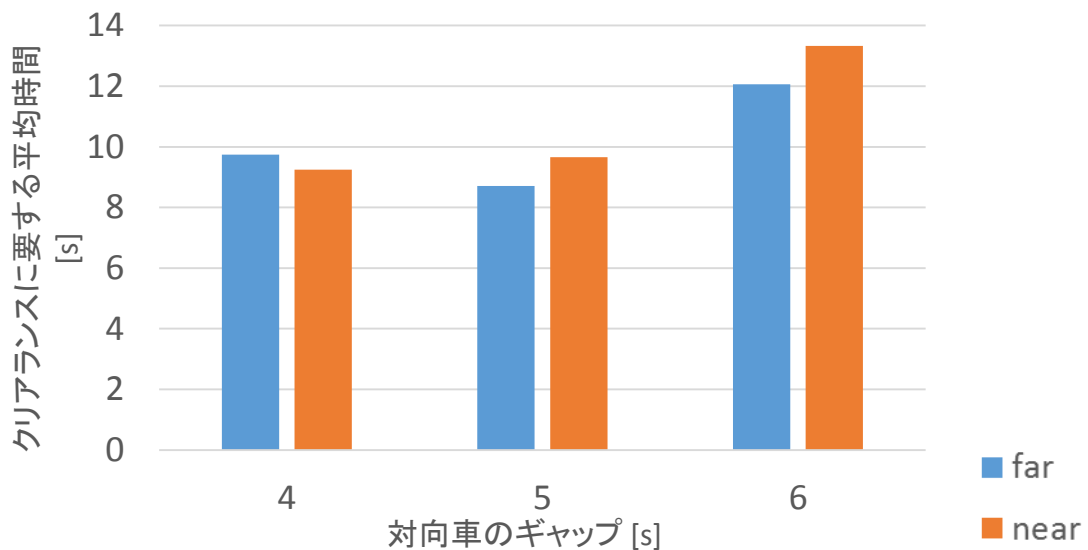


図 46. クリアランスに要する平均時間

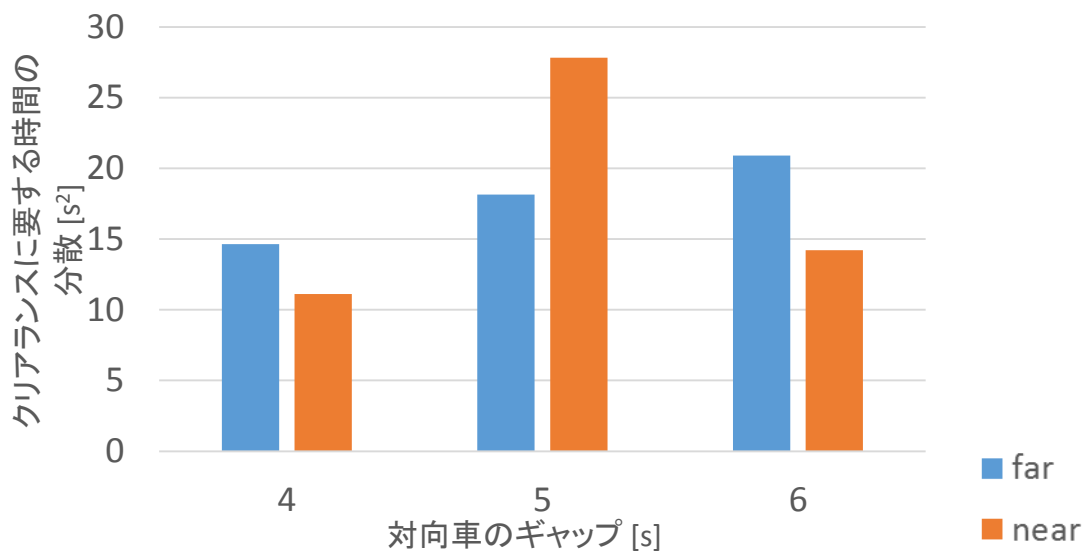
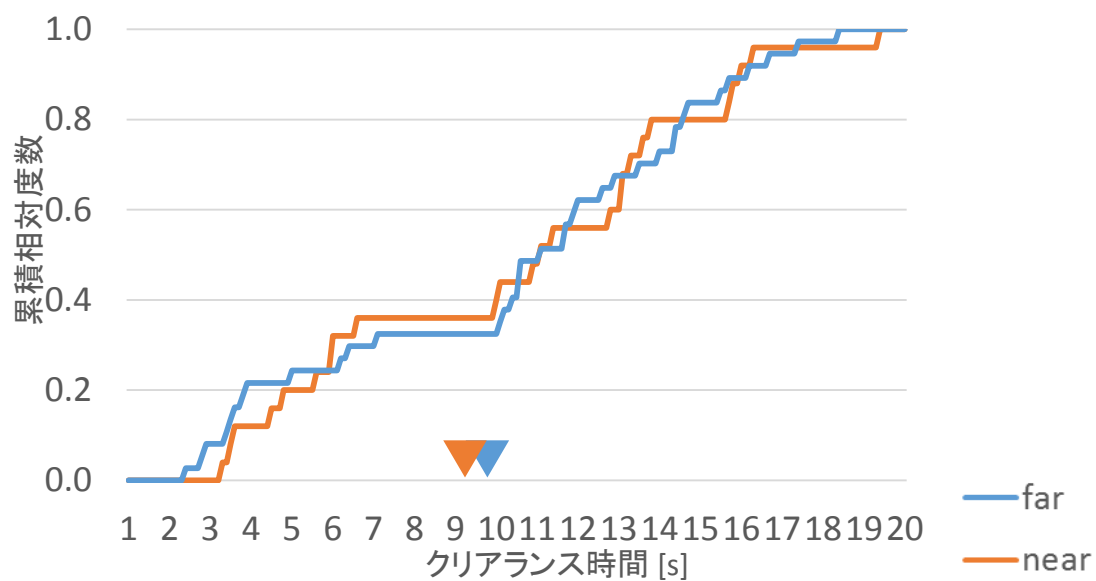
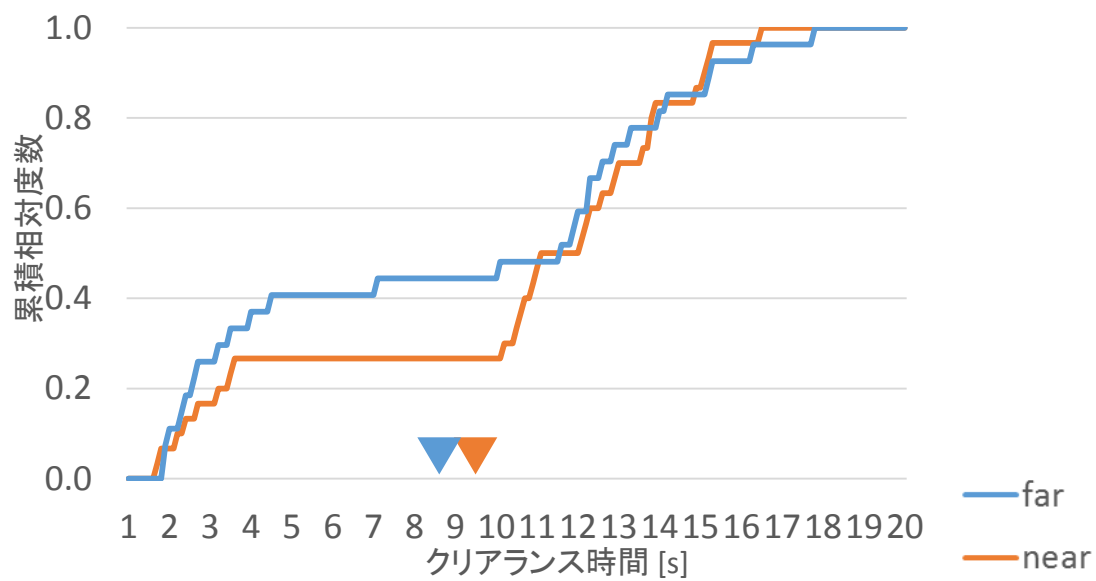


図 47. クリアランスに要する時間の分散

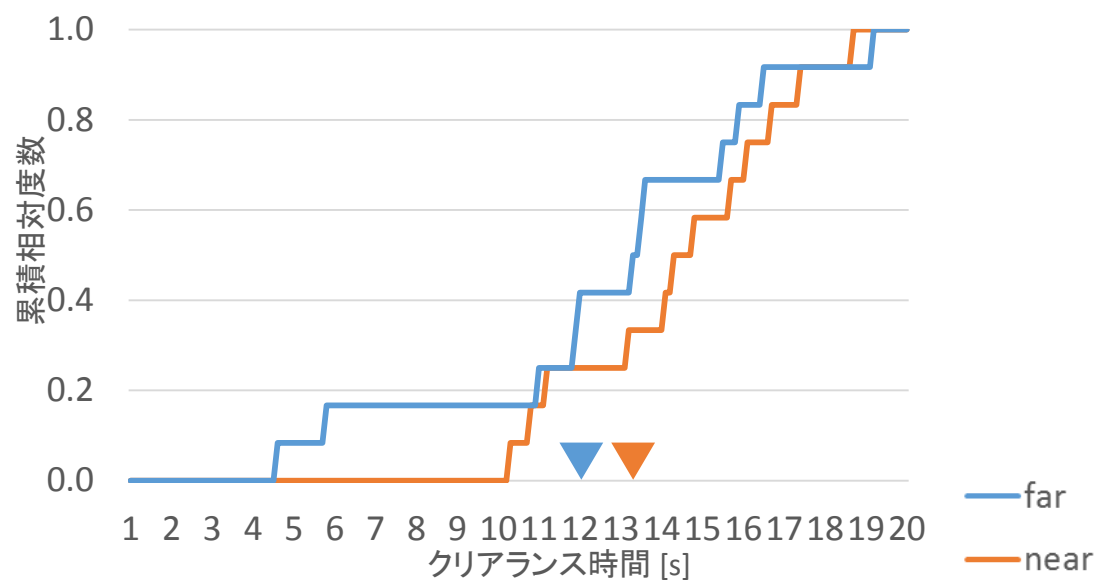




a. 対向車ギャップ 4 秒のとき



b. 対向車ギャップ 5 秒のとき



c. 対向車ギャップ 6 秒のとき

図 48. クリアランスに要する時間

## 第8章 右折交通のギャップ選択率

### 8.1 ギャップ選択率

ここでは、右折交通のギャップ選択率の評価結果を示す。

図 49 にギャップの選択率を示す。

ギャップ選択率が 50%となるような対向車ギャップの大きさを比較すると、どちらも 5.44 秒という結果になっており、灯器位置による、ギャップ選択率の差異は生じないことがわかる。

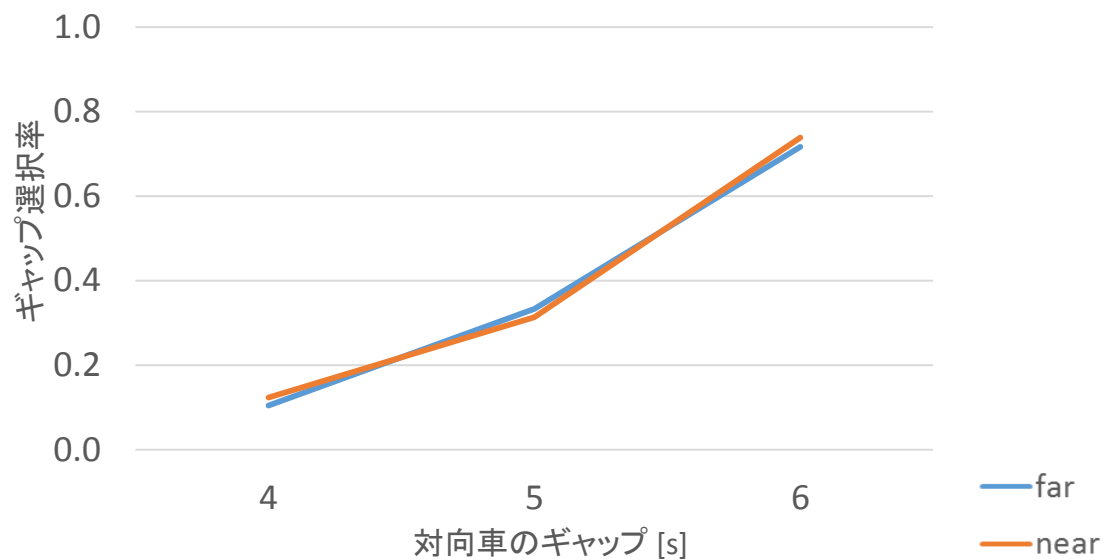


図 49. ギャップ選択率

## 第9章 結論と課題

ここでは，本研究の実験設定等の前提のもとでの結論と，本研究での課題を示す．

まず，直進交通については，**near** では，通過判断にばらつきが少ないことで判断の混在を招きにくく，安全性が高いことが明らかとなった．また，交通容量も **near** の方が大きく，円滑性も高いことが明らかとなった．さらに，交差方向からの駆け込みがあるような状況でも，**near** の方が安全性・円滑性ともに高い結果となった．

次に，右折交通においては，**near** では，対向車ギャップが大きくなるとクリアランスに要する時間が大きくなり，円滑性が低くなることが明らかとなった．また，ギャップ選択率は，灯器位置による影響は，本研究に限ってはほとんどないことがわかった．

しかし，評価指標に関する課題として，追突可能性は，通過判断率以外の引数がないため，通過判断率以外の要因を考慮できていないこと，交通容量の推定が直進交通にとどまっており，右左折交通についての交通容量の推定が行われていないことなどが挙げられる．

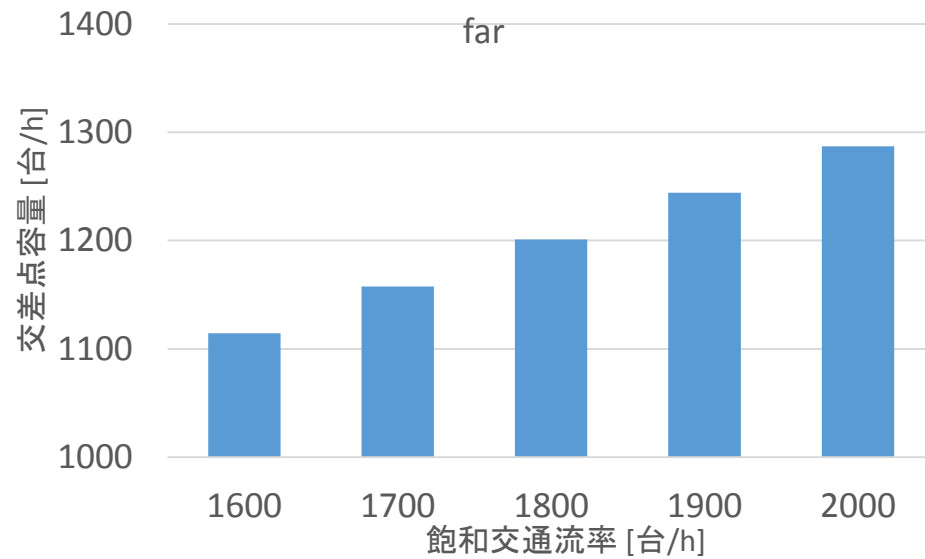
また，ドライビングシミュレータでの実験に関しては，周辺車両が普通車のみであるために，大型車や二輪車による影響を加味できていないこと，右折時の対向車が 1 車線分しかおらず，現実を十分に反映しているとは言えないことが挙げられる．

## 参考文献

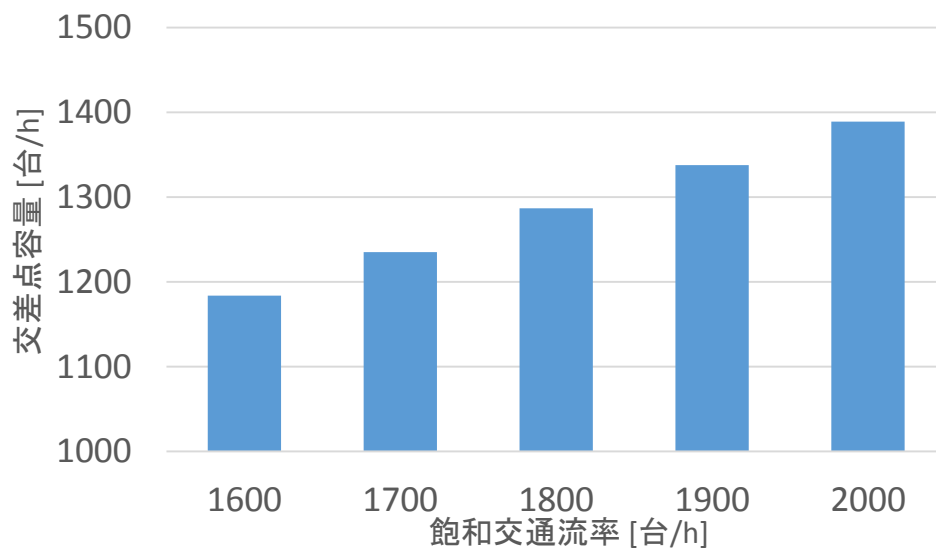
- 1) 警察庁交通局：平成 29 年における交通事故の発生状況，2018
- 2) 中村英樹：合理的な道路幾何構造設計と交通運用実態に関する海外学術調査，科学研究費補助金報告書 基盤研究(B)17404010，2007
- 3) 社団法人交通工学研究会：改訂交通信号の手引き，2016
- 4) 社団法人日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2015
- 5) 大口敬：多車線交差点における信号制御技術，交通工学，Vol.44，No.3，2009
- 6) 松田啓輔，柳原正実，小根山裕之：灯器位置に着目した信号切り替わり時の運転挙動に関する DS 実験，交通工学論文集，Vol.4，No.1，pp.A\_120-A\_128，2018
- 7) 松田啓輔，柳原正実，小根山裕之：灯器位置が異なる交差点の混在に着目した信号切り替わり時の運転挙動に関する研究，第 56 回土木計画学研究発表会
- 8) 佐々木俊輔，大口敬，小根山裕之，鹿田成則：多車線交差点における信号切り替わりに関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.38，CD-ROM，2009
- 9) 小野剛志，片岡源宗，田中伸治，桑原雅夫：損失時間の適正な評価のための信号現示切り替わり時における車両挙動の分析，土木計画学研究・講演集，Vol.38，CD-ROM，2008

## 付録 1

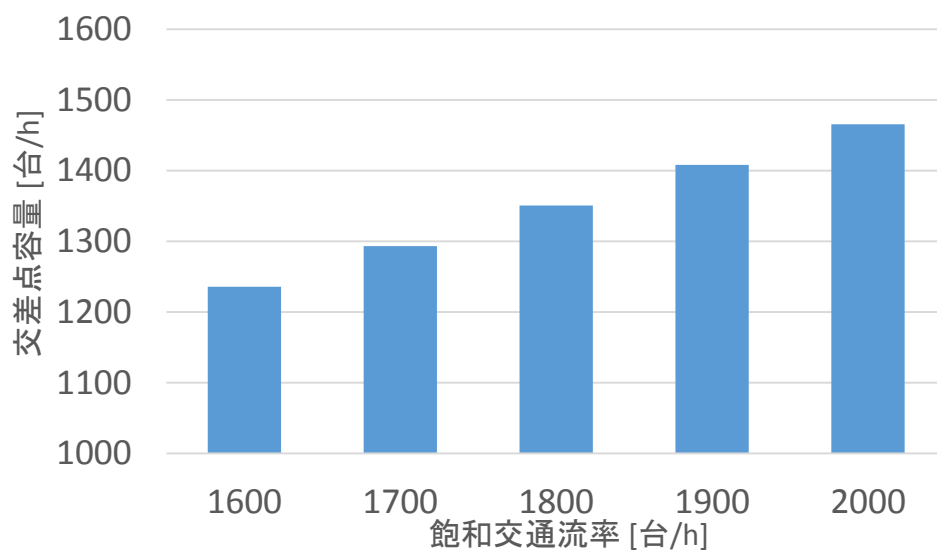
ここには，交通容量の算出結果を示す．



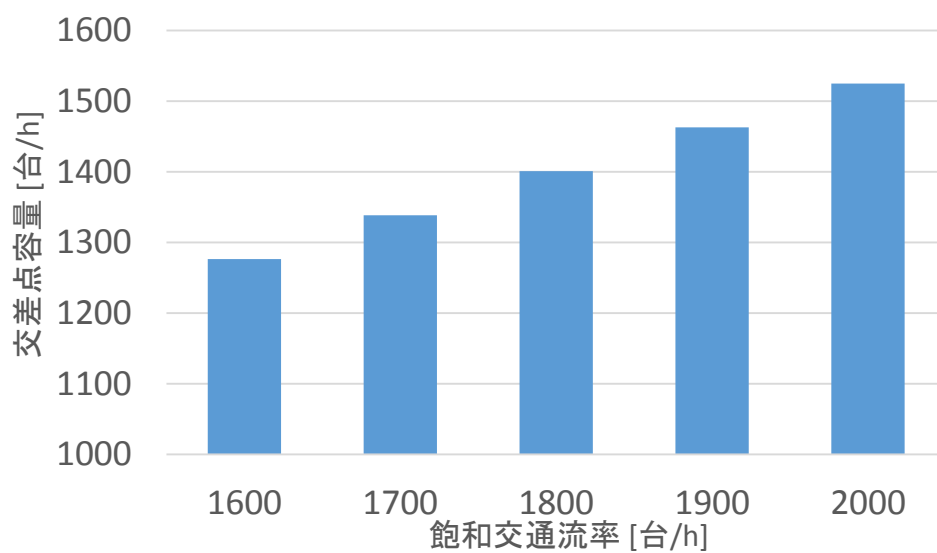
far の交差点におけるサイクル長 60 秒のときの交通容量



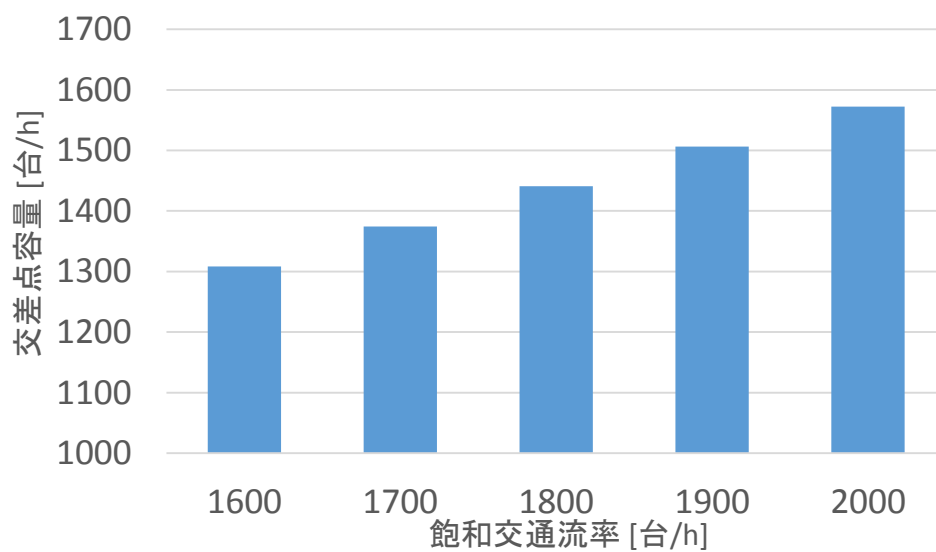
far の交差点におけるサイクル長 70 秒のときの交通容量



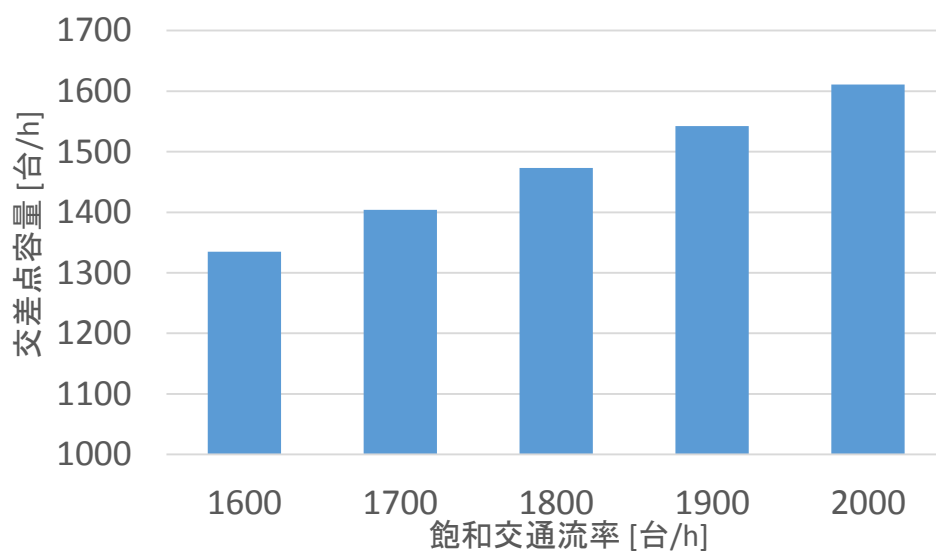
far の交差点におけるサイクル長 80 秒のときの交通容量



far の交差点におけるサイクル長 90 秒のときの交通容量

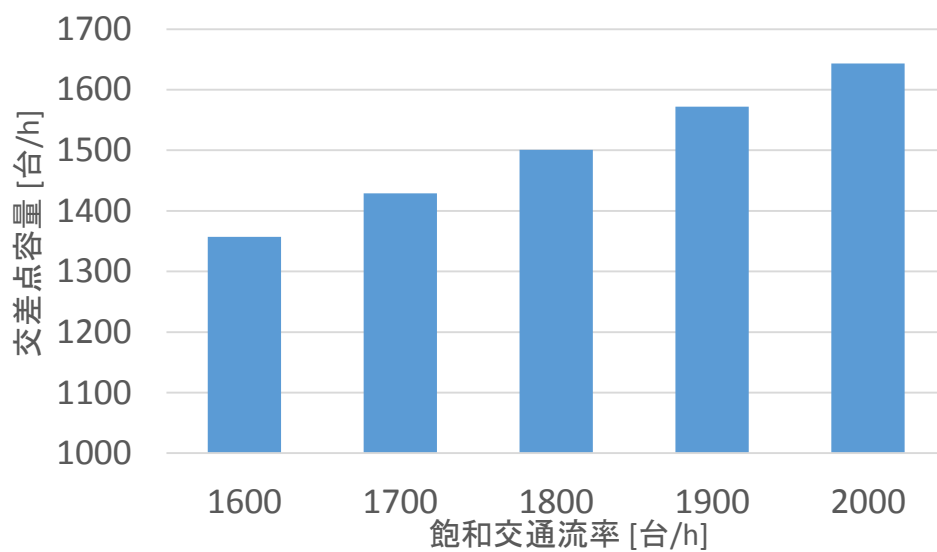


far の交差点におけるサイクル長 100 秒のときの交通容量

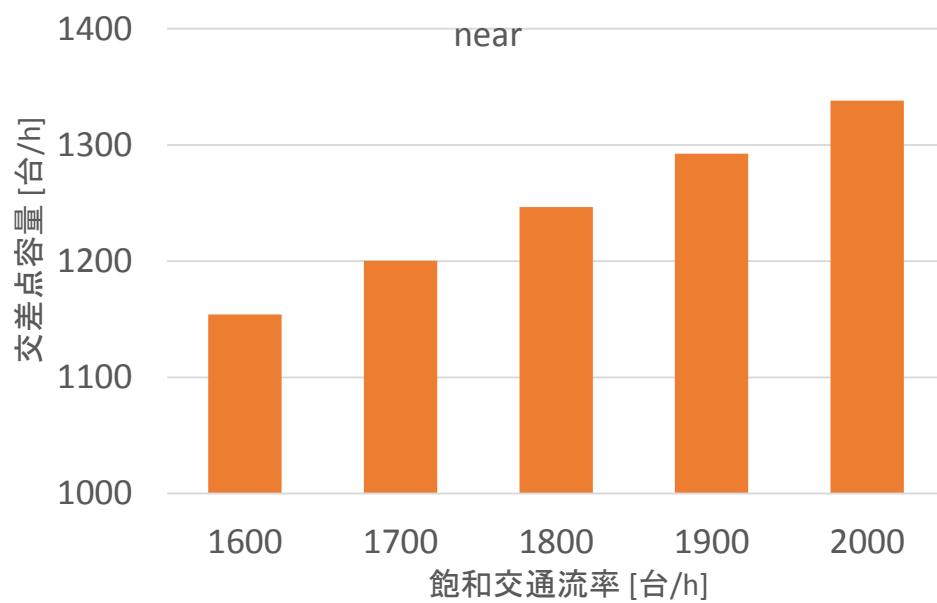


far の交差点におけるサイクル長 110 秒のときの交通容量

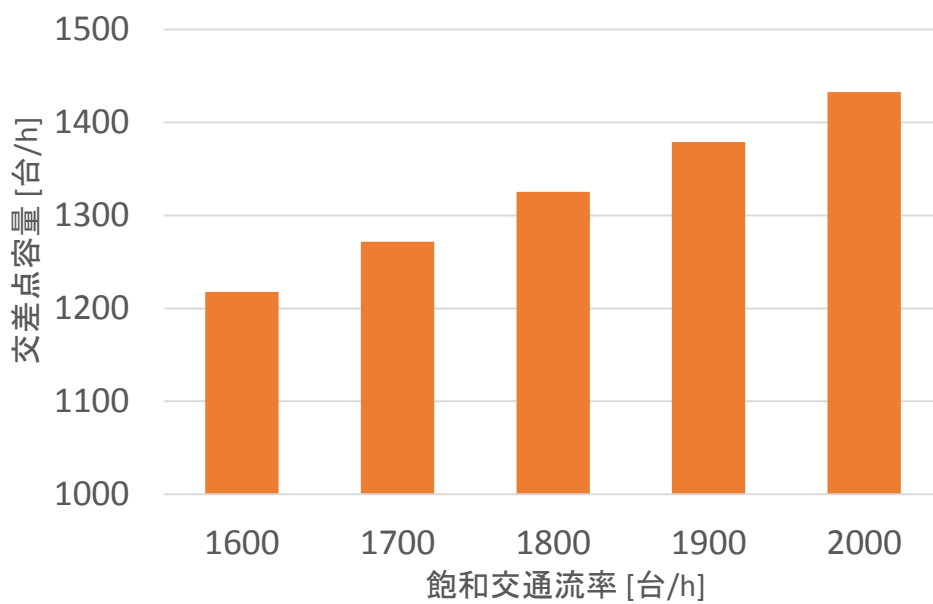




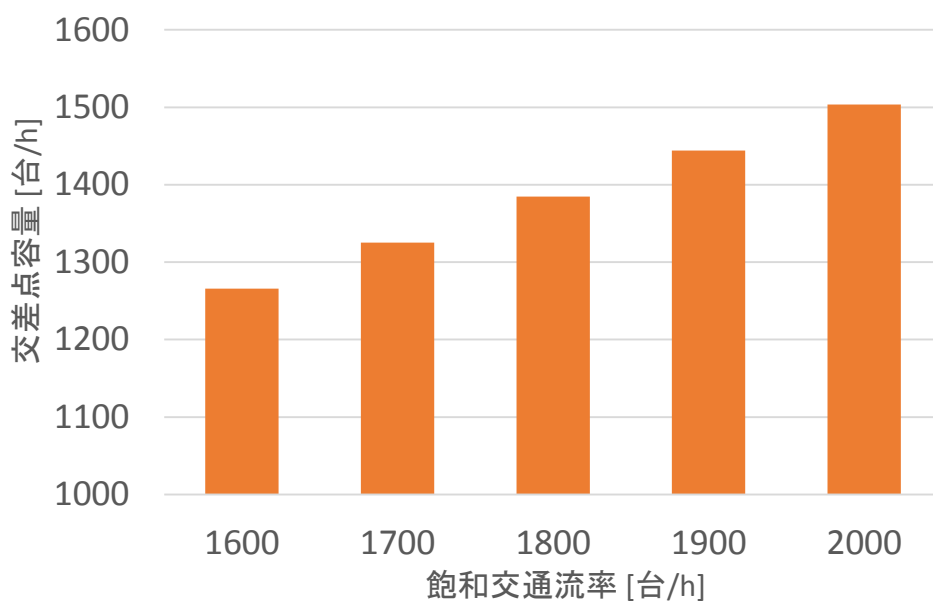
far の交差点におけるサイクル長 120 秒のときの交通容量



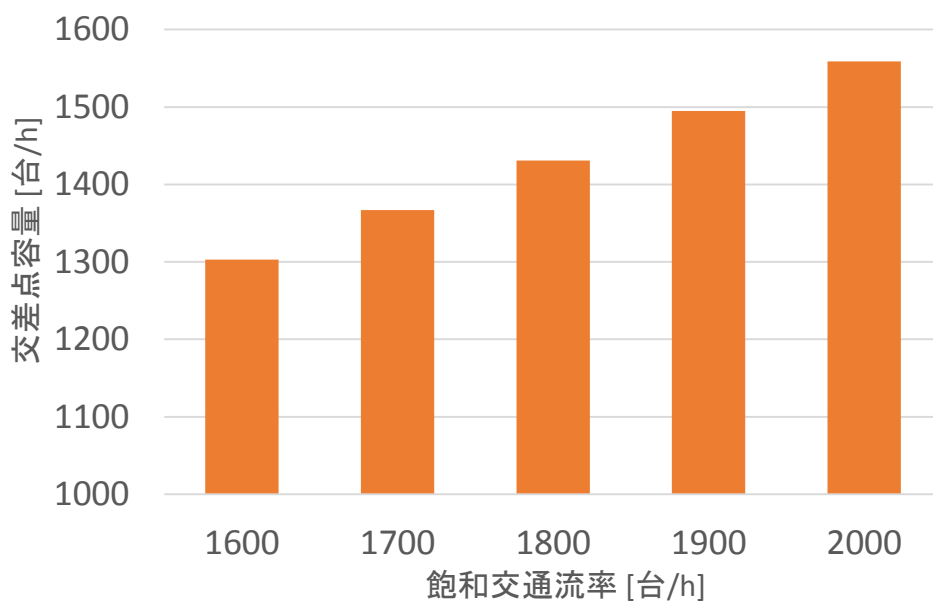
near の交差点におけるサイクル長 60 秒のときの交通容量



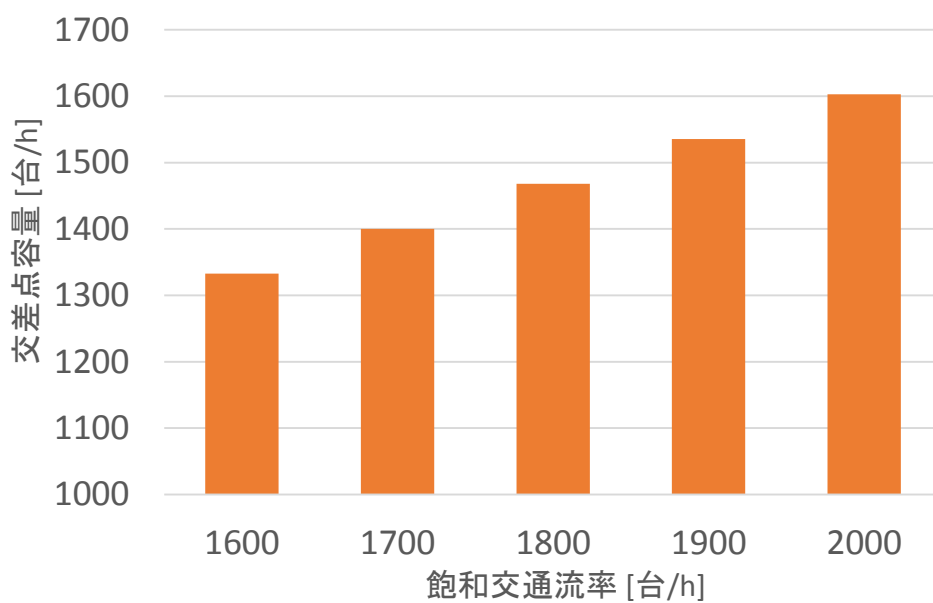
near の交差点におけるサイクル長 70 秒のときの交通容量



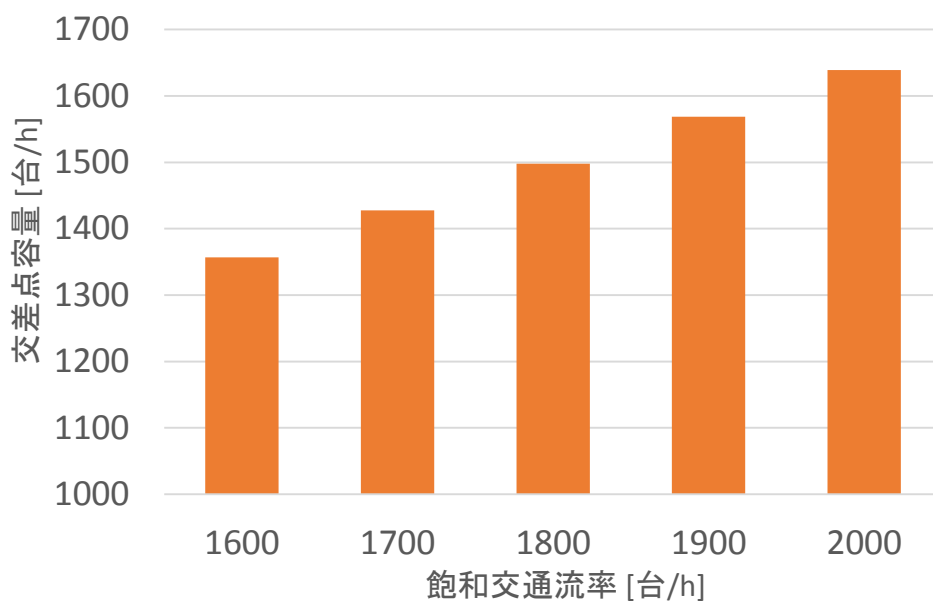
near の交差点におけるサイクル長 80 秒のときの交通容量



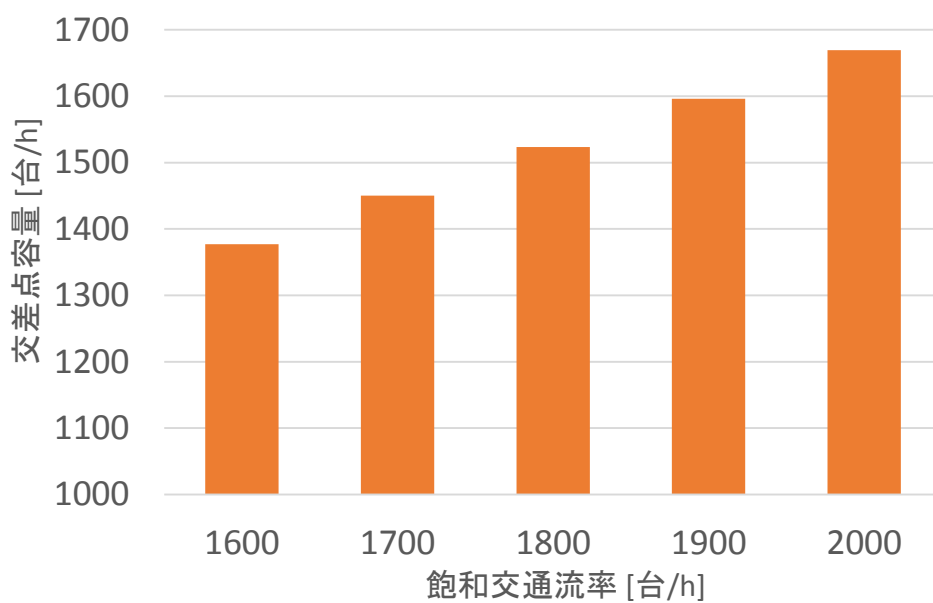
near の交差点におけるサイクル長 90 秒のときの交通容量



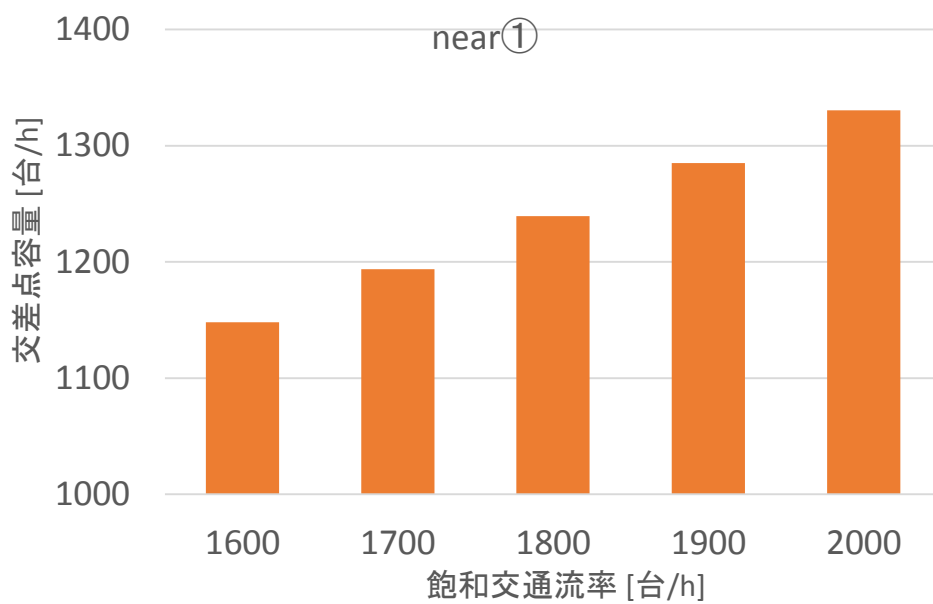
near の交差点におけるサイクル長 100 秒のときの交通容量



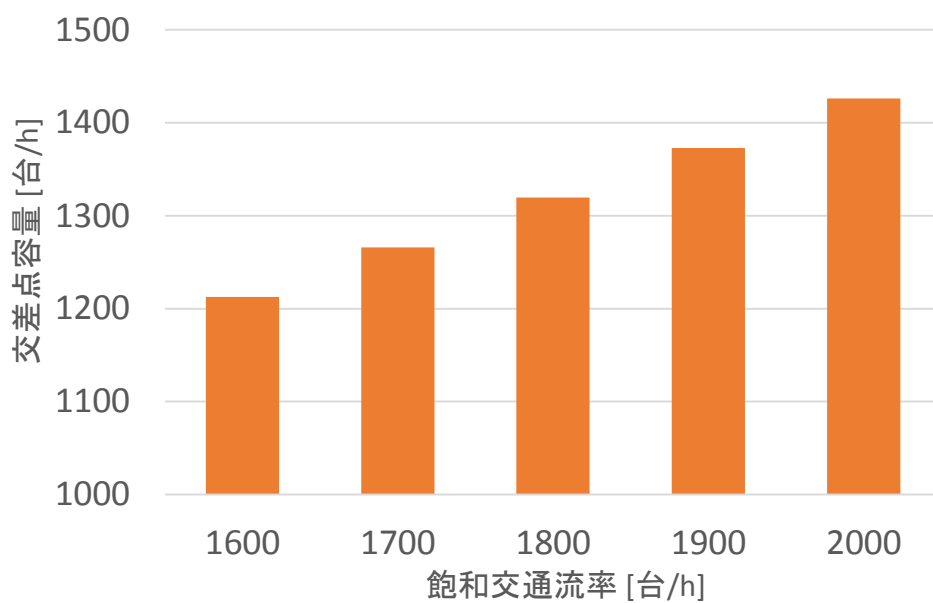
near の交差点におけるサイクル長 110 秒のときの交通容量



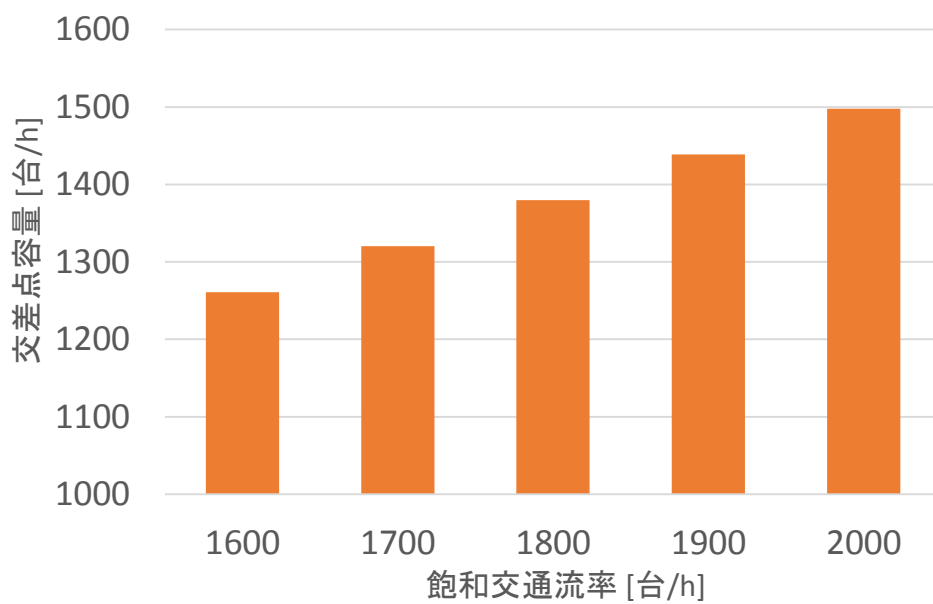
near の交差点におけるサイクル長 120 秒のときの交通容量



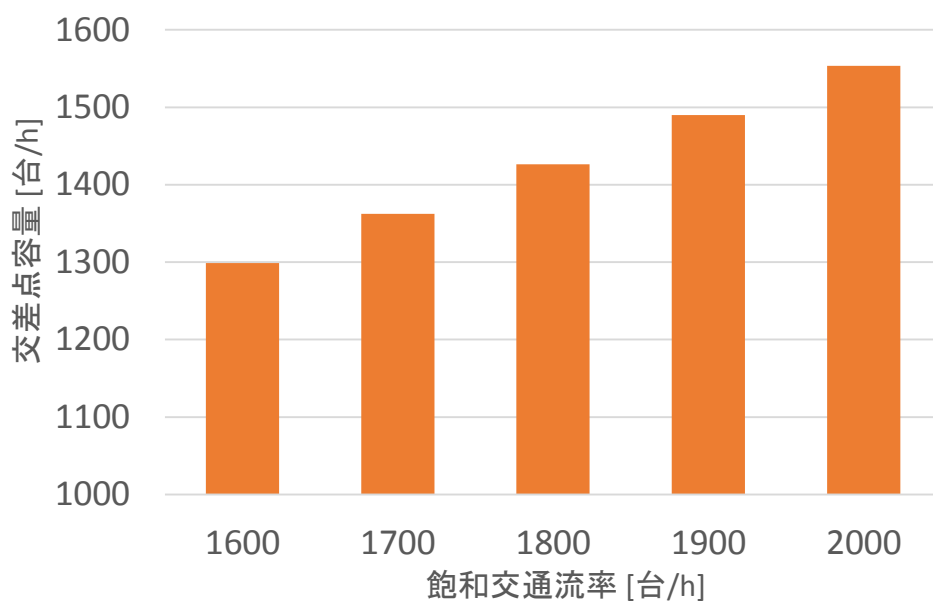
near①の交差点におけるサイクル長 60 秒のときの交通容量



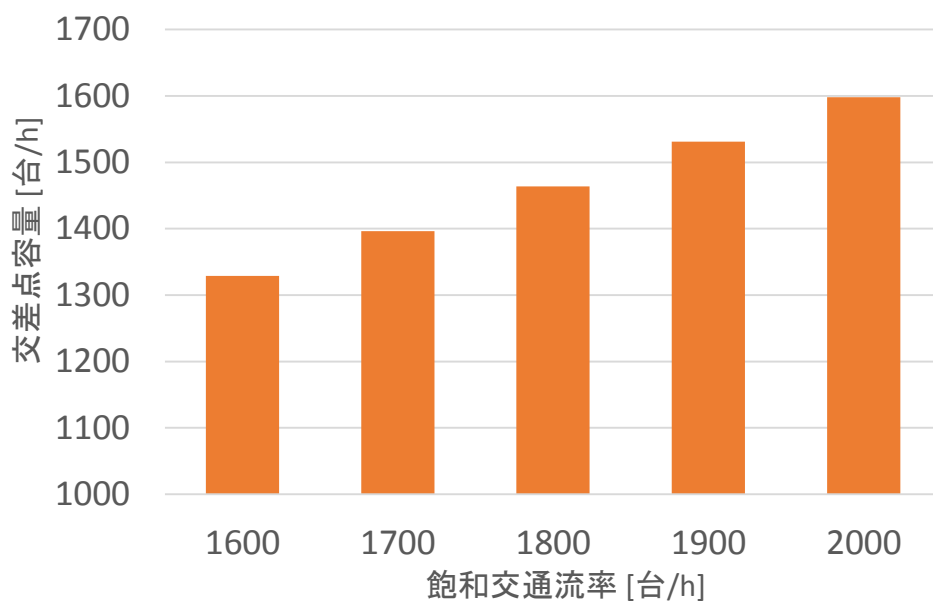
near①の交差点におけるサイクル長 70 秒のときの交通容量



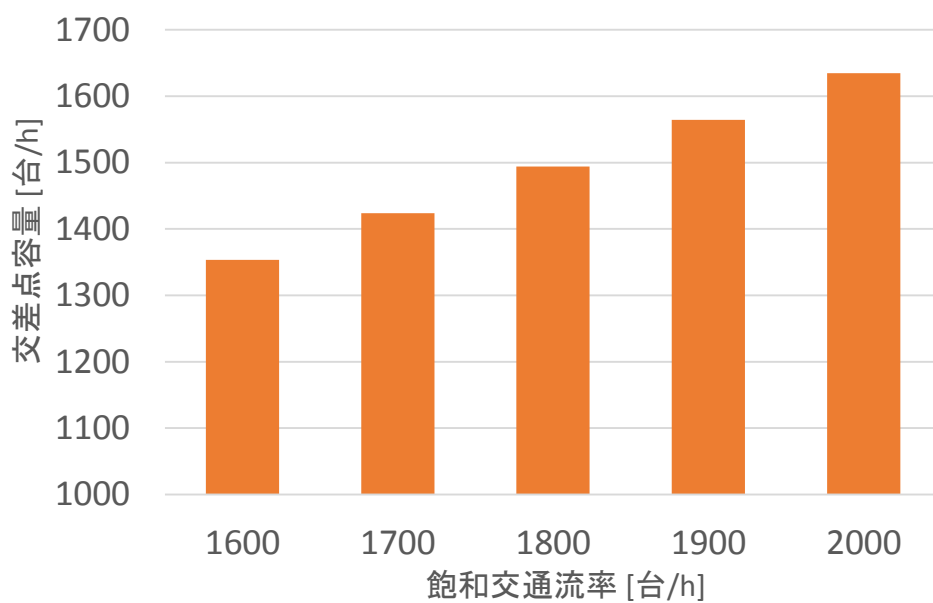
near①の交差点におけるサイクル長 80 秒のときの交通容量



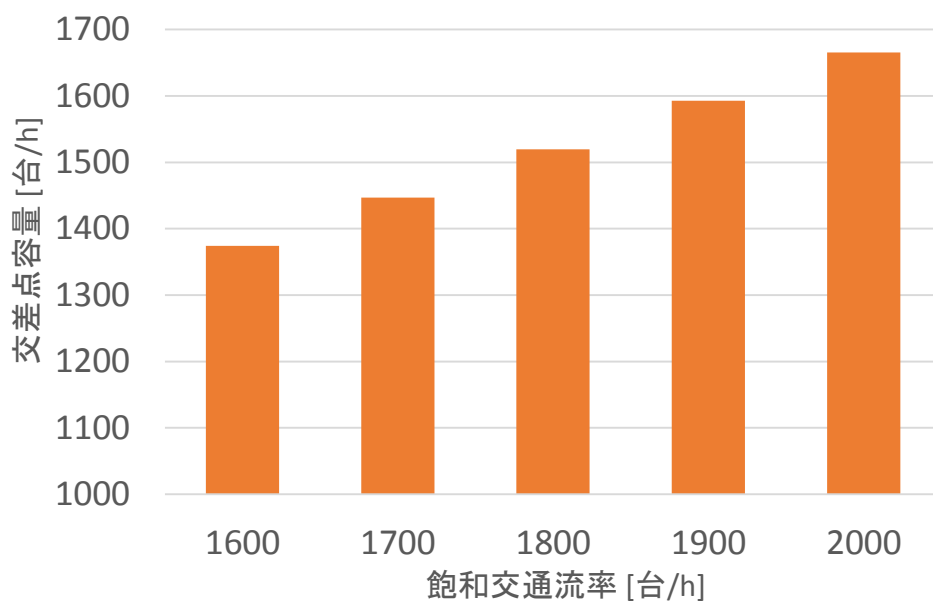
near①の交差点におけるサイクル長 90 秒のときの交通容量



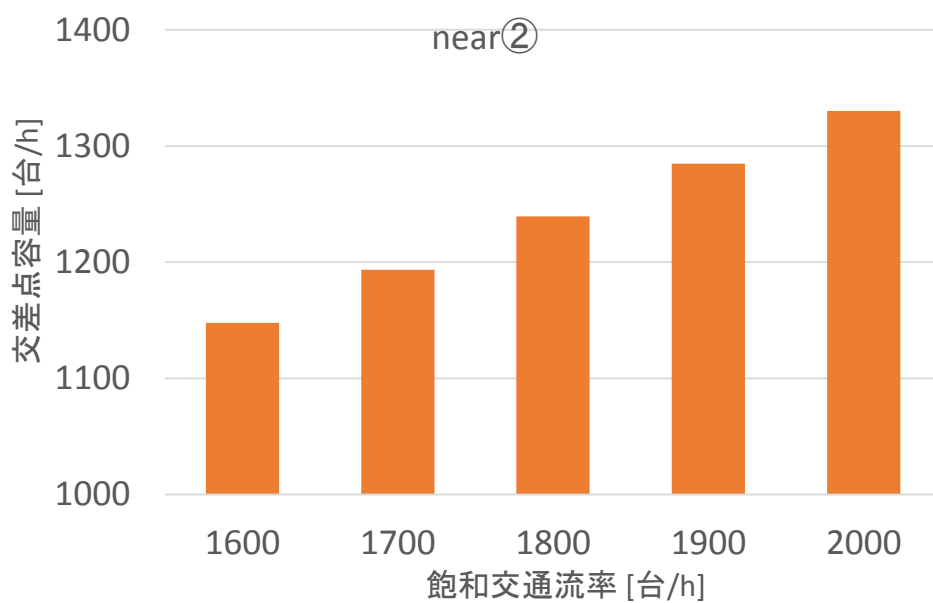
near①の交差点におけるサイクル長 100 秒のときの交通容量



near①の交差点におけるサイクル長 110 秒のときの交通容量

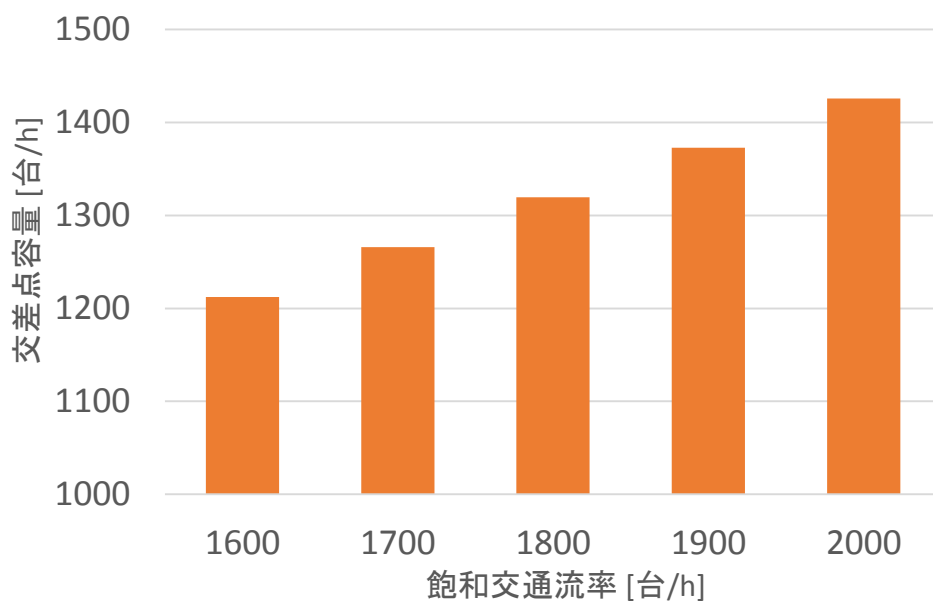


near①の交差点におけるサイクル長 120 秒のときの交通容量

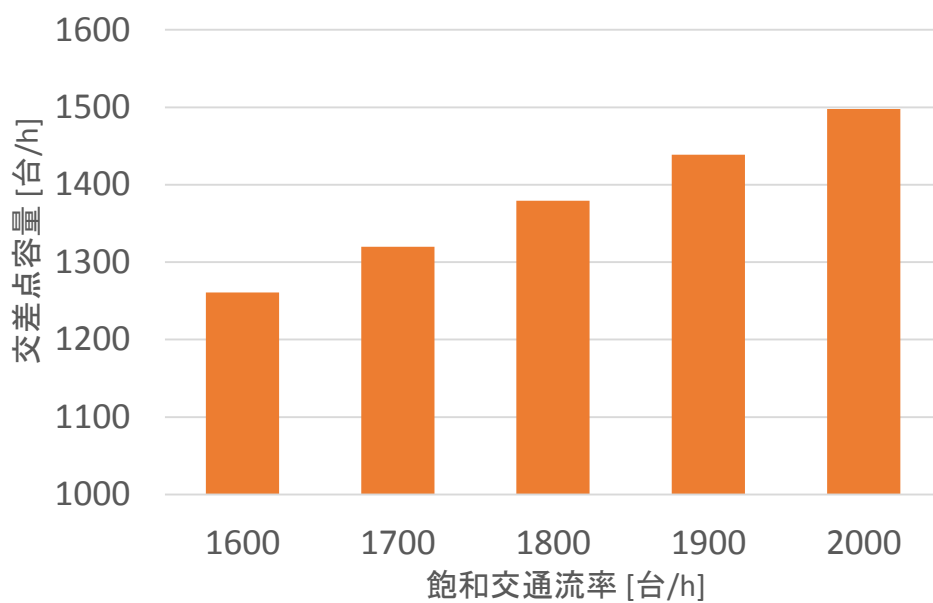


near②の交差点におけるサイクル長 60 秒のときの交通容量

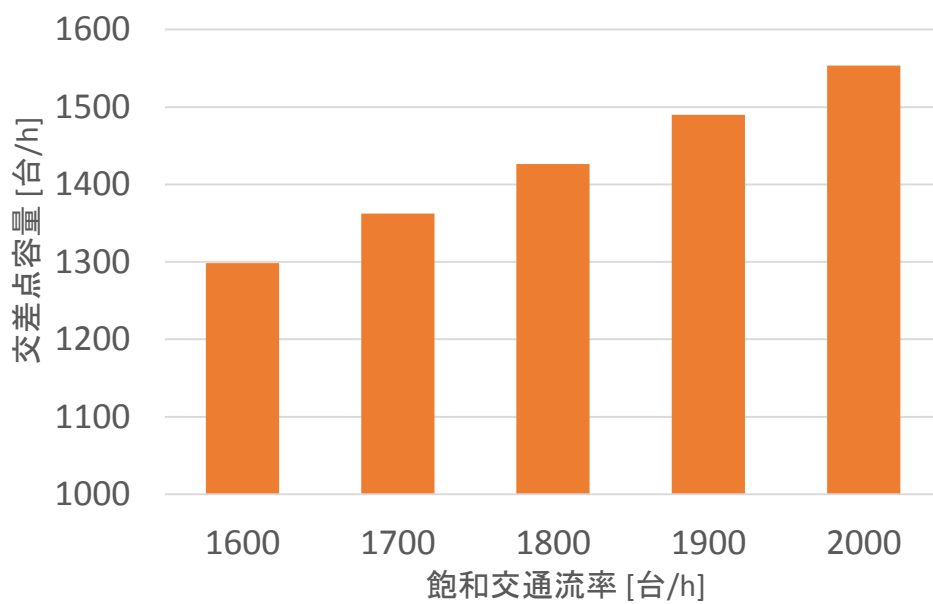




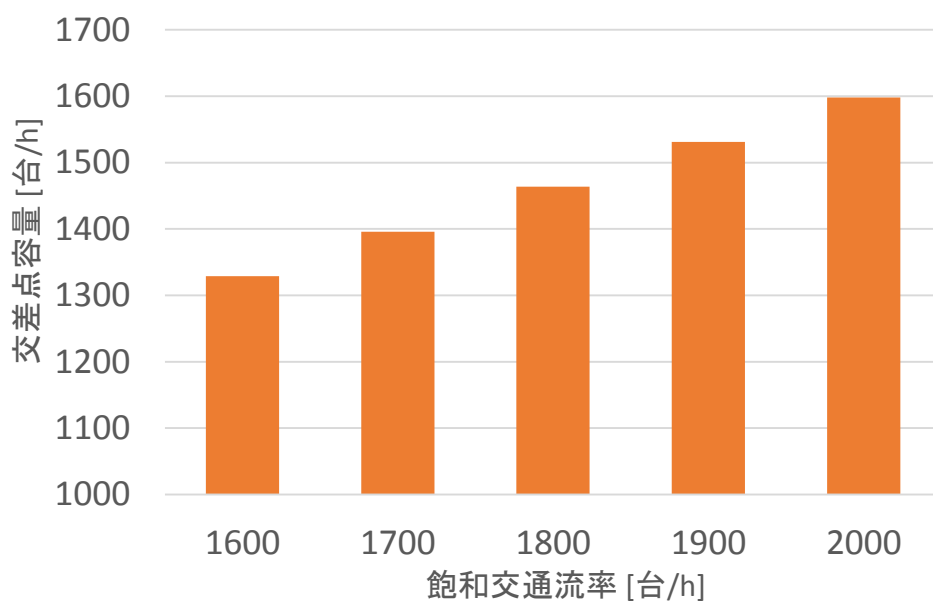
near②の交差点におけるサイクル長 70 秒のときの交通容量



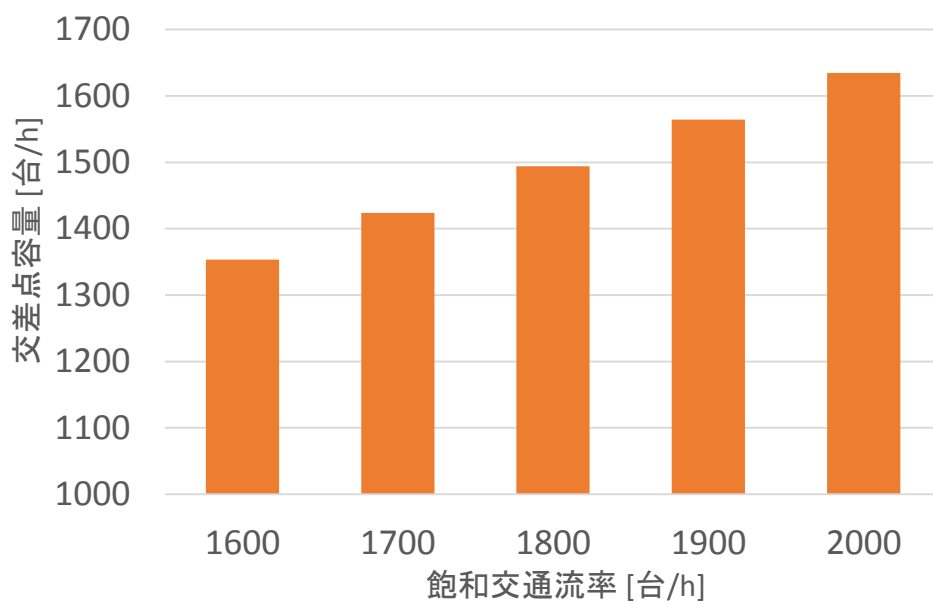
near②の交差点におけるサイクル長 80 秒のときの交通容量



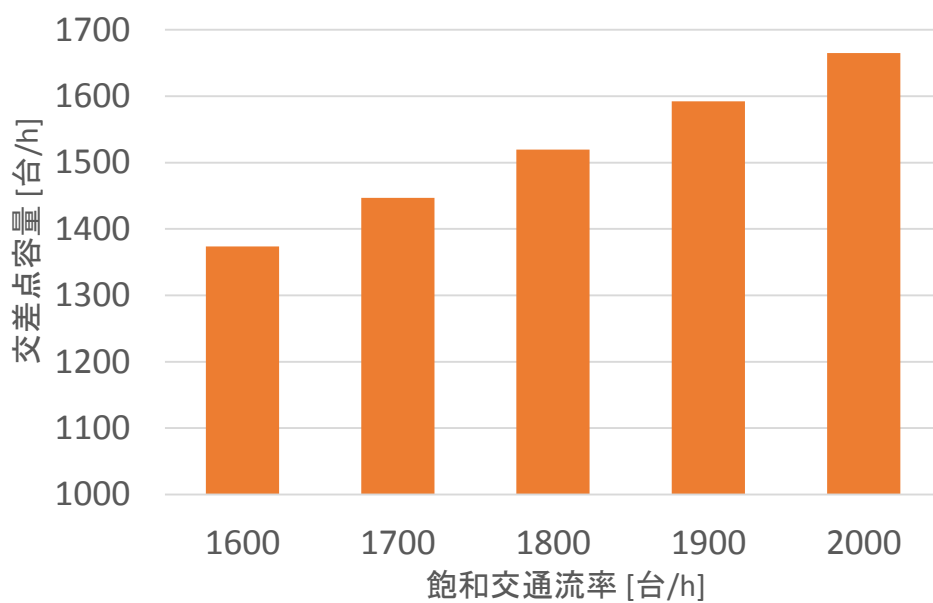
near②の交差点におけるサイクル長 90 秒のときの交通容量



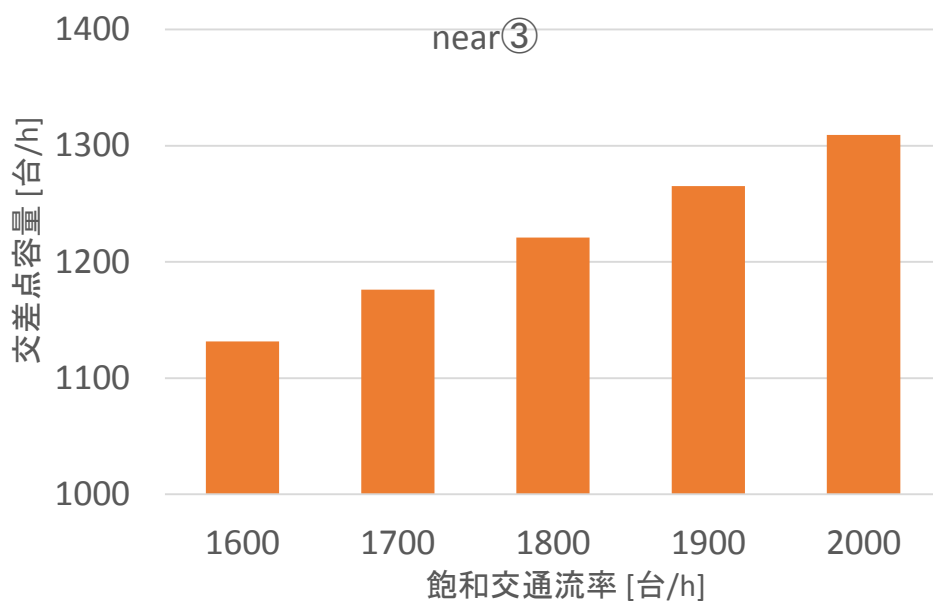
near②の交差点におけるサイクル長 100 秒のときの交通容量



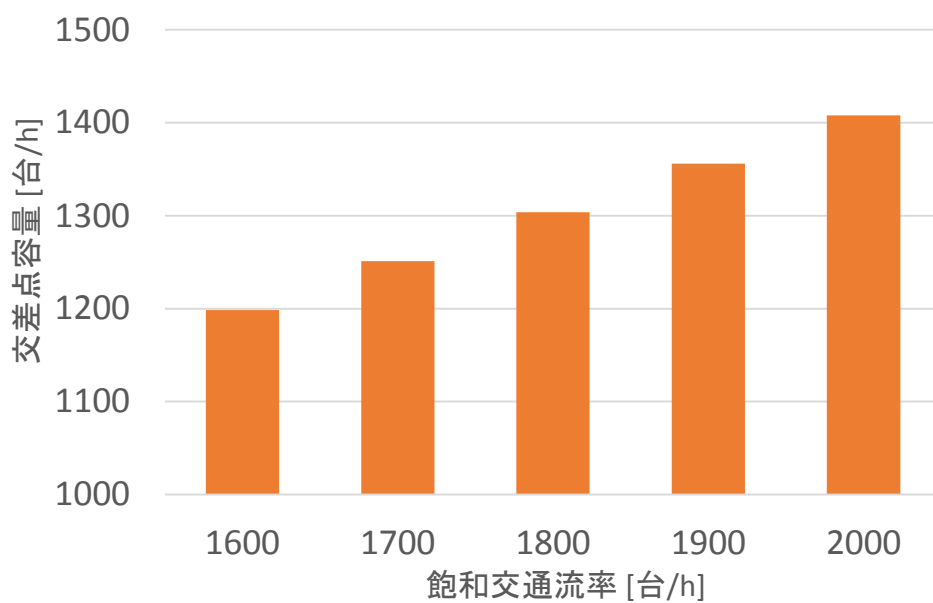
near②の交差点におけるサイクル長 110 秒のときの交通容量



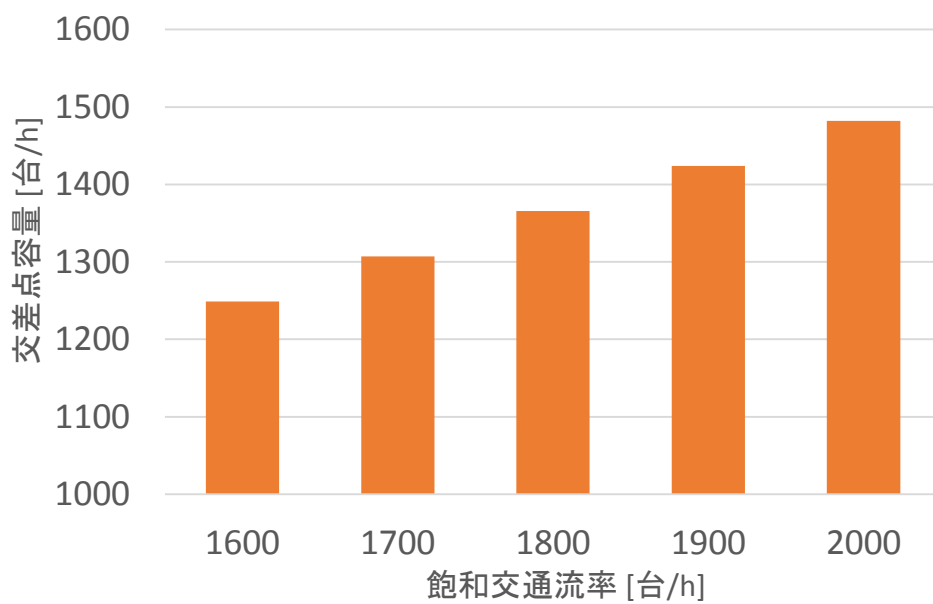
near②の交差点におけるサイクル長 120 秒のときの交通容量



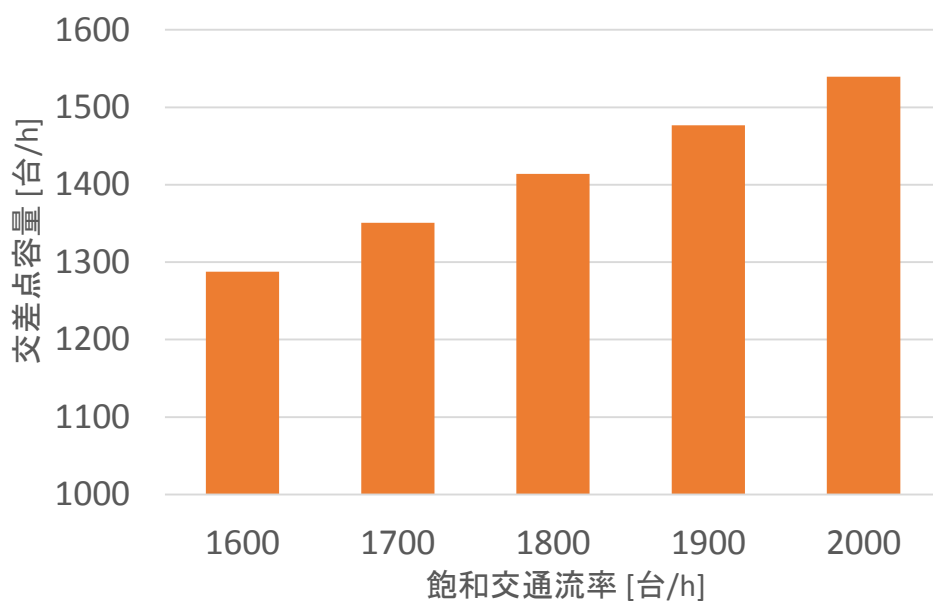
near③の交差点におけるサイクル長 60 秒のときの交通容量



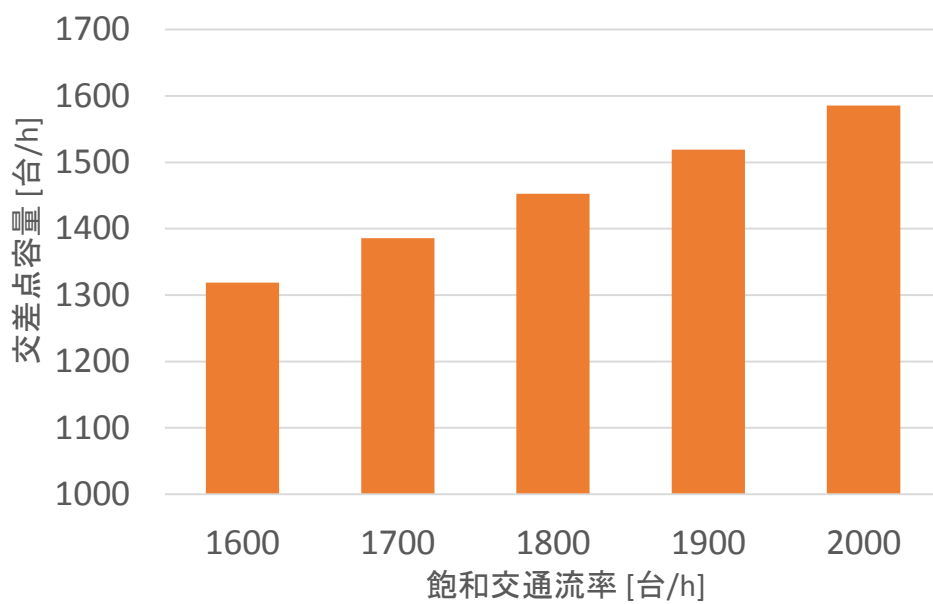
near③の交差点におけるサイクル長 70 秒のときの交通容量



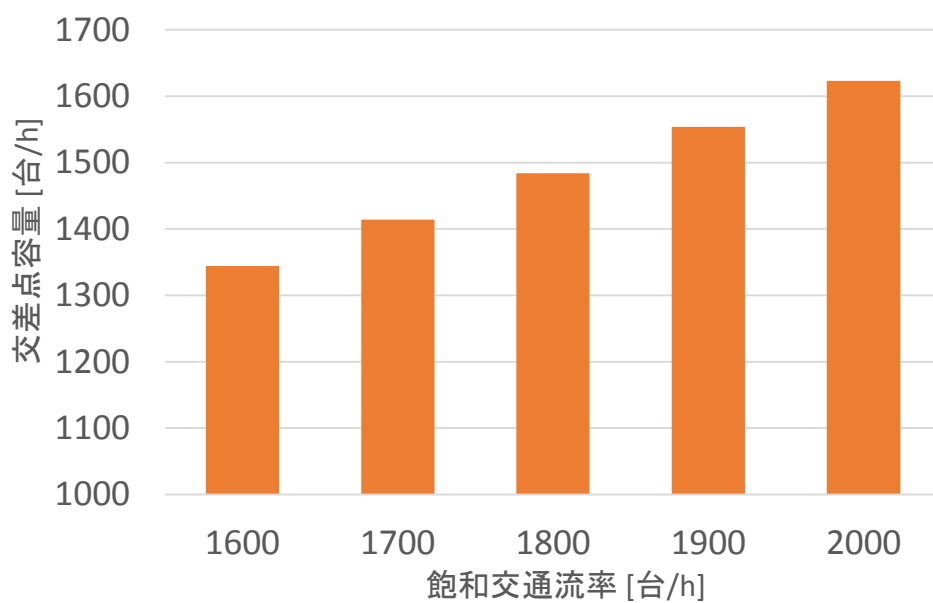
near③の交差点におけるサイクル長 80 秒のときの交通容量



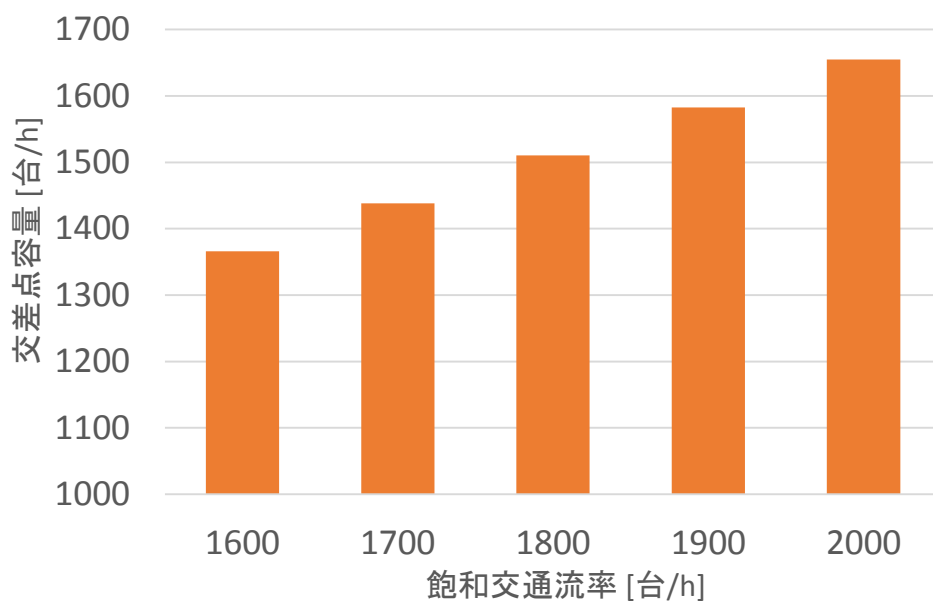
near③の交差点におけるサイクル長 90 秒のときの交通容量



near③の交差点におけるサイクル長 100 秒のときの交通容量



near③の交差点におけるサイクル長 110 秒のときの交通容量



near③の交差点におけるサイクル長 120 秒のときの交通容量

## 付録 2

ここでは、実験データを一部示す。

### 加工前データ

Time	position X	position Y	position Z	speedInM/s	localAccelX	localAccelY	localAccelZ	throttle	brake	yawAngle	pitchAngle	rollAngle	direction X	direction Y	direction Z	RPM	steering	lig
0	197.082	10.5	411.383	0.05245	-0.0002	0	0.24029	0.02461	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	755	0.00043	
0.13574	197.082	10.5	411.385	0.05421	-0.0002	0	-0.0164	0.02532	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	771	0.00043	
0.20122	197.082	10.5	411.388	0.03438	-0.0003	0	-0.4319	0.02672	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	804	0.00043	
0.25387	197.082	10.5	411.389	0.00749	0.00025	0	-0.5048	0.02743	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	827	0.00043	
0.25387	197.041	10.5	500.807	3.08254	0.13437	#####	2.07178	0.5	0	3.14574	0	0	-0.0041	0	0.99999	366	-0.0349	
0.30389	197.082	10.5	411.389	-0.0175	0.00017	0	-0.3508	0.02813	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	849	0.00053	
0.30389	197.041	10.5	500.97	3.189	-0.0004	0	2.05246	0.5	0	3.14573	0	0	-0.0041	0	0.99999	379	0.0001	
0.35603	197.082	10.5	411.388	-0.0261	7.98E-05	0	-0.0867	0.03305	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	869	0.00063	
0.35603	197.035	10.5	501.133	3.29136	0.14213	5.79E-17	2.03281	0.5	0	3.14787	0	0	-0.0063	0	0.99998	392	-0.0324	
0.40934	197.082	10.5	411.386	-0.0076	-0.0004	0	0.33693	0.04993	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	907	0.00099	
0.40934	197.033	10.5	501.472	3.49275	-0.0005	0	2.01392	0.5	0	3.14786	0	0	-0.0063	0	0.99998	404	0.0001	
0.5497	197.082	10.5	411.386	0.00794	-0.0004	0	0.35516	0.05063	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	925	0.00096	
0.5497	197.027	10.5	501.646	3.59001	0.15202	3.70E-17	1.97671	0.5	0	3.14992	0	0	-0.0083	0	0.99997	429	-0.0291	
0.60404	197.082	10.5	411.386	0.02125	-0.0004	0	0.23316	0.05415	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	941	0.00096	
0.60404	197.025	10.5	501.836	3.69188	-0.0006	0	1.95873	0.5	0	3.14991	0	0	-0.0083	0	0.99997	441	0.00011	
0.6539	197.082	10.5	411.388	0.0257	0.00021	0	0.03193	0.05556	0	3.1417	0	0	-0.0001	0	1	951	0.0009	
0.6539	197.019	10.5	502.03	3.79267	0.15057	#####	1.93987	0.5	0	3.15194	0	0	-0.0104	0	0.99995	454	-0.0259	
0.70386	197.082	10.5	411.389	0.02056	0.00021	0	-0.1368	0.05767	0	3.1417	0	0	-0.0001	0	1	957	0.00088	
0.70386	197.018	10.5	502.214	3.88463	-0.0007	0	1.92121	0.5	0	3.15194	0	0	-0.0103	0	0.99995	466	0.00011	
0.75559	197.082	10.5	411.39	0.0077	0.00021	0	-0.2289	0.0661	0	3.1417	0	0	-0.0001	0	1	962	0.00088	
0.75559	197.011	10.5	502.426	3.98709	0.14531	7.25E-17	1.90417	0.5	0	3.15387	0	0	-0.0123	0	0.99992	477	-0.0226	
0.80889	197.082	10.5	411.39	-0.0054	0.00026	0	-0.1991	0.07173	0	3.1417	0	0	-0.0001	0	1	966	0.00076	
0.80889	197.011	10.5	502.634	4.08453	-0.0876	#####	1.88518	0.5	0	3.15277	0	0	-0.0112	0	0.99994	490	0.01297	
0.86217	197.082	10.5	411.389	-0.0111	0.00051	0	-0.0976	0.07806	0	3.1417	0	0	-0.0001	0	1	969	9.08E-05	
0.86217	197.01	10.5	502.861	4.20756	-0.0008	0	2.24456	0.6	0	3.15276	0	0	-0.0112	0	0.99994	502	0.00011	
0.91545	197.082	10.5	411.389	-0.0107	-0.0006	0	0.01176	0.08298	0	3.1417	0	0	-0.0001	0	1	972	-0.0005	
0.91545	197.008	10.5	503.081	4.322	-0.0008	0	2.21728	0.6	0	3.15275	0	0	-0.0112	0	0.99994	517	0.00011	
0.96875	197.082	10.5	411.388	-0.0049	-0.0007	0	0.08954	0.08931	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	974	-0.0009	
0.96875	197.006	10.5	503.323	4.44264	-0.0009	0	2.19189	0.6	0	3.15274	0	0	-0.0111	0	0.99994	531	0.00011	
1.02201	197.082	10.5	411.388	-0.0002	0.00023	0	0.11009	0.10267	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	977	-0.0012	
1.02201	197.004	10.5	503.554	4.55397	-0.0009	0	2.1651	0.6	0	3.15273	0	0	-0.0111	0	0.99994	546	0.00011	
1.0754	197.082	10.5	411.388	0.00303	-0.0004	0	0.09976	0.11181	0	3.14171	0	0	-0.0001	0	1	981	-0.0011	
1.0754	197.002	10.5	503.809	4.67215	-0.001	0	2.14037	0.6	0	3.15272	0	0	-0.0111	0	0.99994	560	0.00011	
1.1288	197.082	10.5	411.388	0.00494	-0.001	0	0.0673	0.11814	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	984	-0.001	
1.1288	197	10.5	504.052	4.78084	-0.001	0	2.1141	0.6	0	3.1527	0	0	-0.0111	0	0.99994	574	0.00011	
1.18647	197.082	10.5	411.389	0.00482	-0.001	0	0.02683	0.13502	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	988	-0.001	
1.18647	196.996	10.5	504.342	4.90621	-0.0011	0	2.08993	0.6	0	3.15269	0	0	-0.0111	0	0.99994	588	0.00011	
1.23587	197.082	10.5	411.389	0.00326	-0.0004	0	0.0055	0.13502	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	991	-0.0011	
1.23587	196.994	10.5	504.575	5.00337	-0.0011	0	2.06203	0.6	0	3.15268	0	0	-0.0111	0	0.99994	603	0.00011	
1.28897	197.082	10.5	411.389	0.00066	-0.0003	0	0.00042	0.14487	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	994	-0.0012	
1.28897	196.99	10.5	504.854	5.11572	-0.0012	0	2.0415	0.6	0	3.15266	0	0	-0.0111	0	0.99994	615	0.00011	
1.34242	197.082	10.5	411.389	#####	0.00068	0	0.01335	0.17511	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	999	-0.0016	
1.34242	196.988	10.5	505.121	5.22166	-0.0012	0	2.05332	0.6	0	3.15265	0	0	-0.0111	0	0.99994	629	0.00011	
1.39566	197.082	10.5	411.389	1.56E-05	-0.0003	0	0.03403	0.19198	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	1005	-0.0021	
1.39566	196.984	10.5	505.412	5.33547	-0.0013	0	2.06445	0.6	0	3.15264	0	0	-0.011	0	0.99994	642	0.00011	
1.44906	197.082	10.5	411.389	6.67E-05	-0.0001	0	0.05358	0.21027	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	1012	-0.0023	
1.44906	196.98	10.5	505.69	5.44257	-0.0013	0	2.07639	0.6	0	3.15262	0	0	-0.011	0	0.99994	656	0.00011	
1.50236	197.082	10.5	411.389	0.00089	-0.0004	0	0.07066	0.22996	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	1020	-0.0024	
1.50236	196.977	10.5	505.993	5.55761	-0.0014	0	2.08761	0.6	0	3.15261	0	0	-0.011	0	0.99994	669	0.00011	
1.55582	197.082	10.5	411.389	0.00226	-0.0003	0	0.07504	0.24543	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	1027	-0.0024	
1.55582	196.973	10.5	506.283	5.66634	-0.0014	0	2.09965	0.6	0	3.1526	0	0	-0.011	0	0.99994	683	0.00011	
1.60883	197.082	10.5	411.389	0.00361	-0.0008	0	0.06733	0.25879	0	3.14172	0	0	-0.0001	0	1	1034	-0.0024	
1.60883	196.969	10.5	506.596	5.78161	-0.0015	0	2.11102	0.6	0	3.15259	0	0	-0.011	0	0.99994	696	0.00011	
1.66244	197.082	10.5	411.39	0.0042	#####	0	0.05063	0.26793	0	3.14173	0	0	-0.0001	0	1	1041	-0.0025	
1.66244	196.965	10.5	506.898	5.89173	-0.0016	0	2.12306	0.6	0	3.15257	0	0	-0.011	0	0.99994	711	0.00011	
1.71574	197.082	10.5	411.392	0.08986	-0.0001	0	1.80464	0.27778	0	3.14173	0	0	-0.0001	0	1	1047	-0.0028	
1.71574	196.961	10.5	507.227	6.00943	-0.0016	0	2.13454	0.6	0	3.15256	0	0	-0.011	0	0.99994	724	0.00011	
1.76899	197.082	10.5	411.399	0.17175	0.00259	0	1.63856	0.28762	0	3.14173	0	0	-0.0001	0	1	1052	-0.0031	
1.76899	196.957	10.5	507.538	6.1198	-0.0017	0	2.14681	0.6	0	3.15255	0	0	-0.011	0	0.99994	739	0.00011	
1.82215	197.082	10.5	411.411	0.25662	0.00337	0	1.63972	0.30239	0	3.14174	0	0	-0.0002	0	1	1058	-0.0035	
1.82215	196.953	10.5	507.881	6.23939	-0.0017	0	2.15829	0.6	0	3.15253	0	0	-0.0109	0	0.99994	752	0.00011	
1.87565	197.081	10.5	411.426	0.3351	0.00684	0	1.63484	0.31857	0	3.14176	0	0	-0.0002	0	1	1064	-0.0041	



# 加工後データ

Lap	RoadName	DistanceAlc	dt	output	label		GBrake/Ac	Time	position X	position Y	position Z	speedInMe	localAccel	localAccel	localAccel	throttle	br
1	道路 1	300.2	0	Leader#Co	11-S1-A-C	1	A2	18.7685	196.713	10.5	500.58	5.24238	0.00992	0	0.40877	0.19198	
1	道路 1	300.2	9	Time	11-S1-A-C	27.7685	27.7685	1.78808	196.8	10.5002	524.966	0.12482	2.51E-06	0	0.07735	0.01547	
1	道路 1	335.2	0	Time	11-S1-A-S	32.9376	32.9376	5.16907	196.813	10.5001	535.58	5.6397	0.0054	0	1.77098	0.67785	
1	道路 1	347.2	0	Time	11-S1-A-P	34.6233	34.6233	6.85476	196.803	10.5	547.58	8.62891	0.00412	0	1.93106	0.70113	
1	道路 1	730	0	brake	11-S3-B-E	0	OK	OK	196.762	10.5	930.38	12.9381	-0.0094	0	0.19341	0.35178	
1	道路 1	730	4	Time	11-S3-B-Y	68.4179	68.4179	0.93365	196.58	10.5	981.92	12.6269	-0.0291	0	0.12894	0.33122	
1	道路 1	730	4	distanceAlc	11-S3-B-Y	781.54	53.4598	53.4598	196.58	10.5	981.92	12.6269	-0.0291	0	0.12894	0.33122	
1	道路 1	730	4	speedInMe	11-S3-B-V	12.6269	12.6269	12.6269	196.58	10.5	981.92	12.6269	-0.0291	0	0.12894	0.33122	
1	道路 1	835	0	speedInMe	11-S3-B-S	3.31114	3.31114	3.31114	196.67	10.5	1035.38	3.31114	-0.0154	0	1.83764	0.68371	
1	道路 1	1050.4	31	Time	11-R1-E6-	142.267	142.267	6.0556	200.402	10.5003	1292.32	1.01165	-0.0138	0	-0.5771	0.01547	
1	道路 2	115.1	0	Time	11-R1-E6-	153.49	153.49	11.2232	215.202	10.5001	1303.55	7.22665	-1.2345	0	1.87054	0.70902	
1	道路 2	299.8	0	Leader#Co	11-S4-A-C	0	A1	A1	399.882	10.5	1303.21	5.35648	-0.0027	0	-0.8382	0.01547	
1	道路 2	299.8	9	Time	11-S4-A-C	179.066	179.066	1.57526	430.647	10.5001	1303.13	0.17294	0.00024	0	0.1661	0.01547	
1	道路 2	334.8	0	Time	11-S4-A-S	182.505	182.505	3.43934	434.883	10.5001	1303.15	3.54265	0.01107	0	1.60889	0.61369	
1	道路 2	346.8	0	Time	11-S4-A-P	184.775	184.775	5.70962	446.883	10.5	1303.23	7.30168	0.00396	0	0.88843	0.12966	
1	道路 2	549.7	0	Leader#Co	11-S5-A-C	2	A3	A3	649.782	10.5	1303.3	5.27583	0.02006	0	-1.4314	0.01547	
1	道路 2	549.7	9	Time	11-S5-A-C	217.834	217.834	0.37169	660.284	10.5001	1303.27	0.07855	0.00028	0	1.14196	0.01547	
1	道路 2	584.7	0	Time	11-S5-A-S	230.196	230.196	12.3624	684.783	10.5001	1303.27	6.62414	-0.0006	0	1.32984	0.29885	
1	道路 2	596.7	0	Time	11-S5-A-P	231.843	231.843	14.0098	696.783	10.5	1303.27	7.98716	-0.015	0	0.98462	0.57665	
1	道路 2	719.8	0	brake	11-S6-B-E	0	OK	OK	819.882	10.5	1303.06	12.0671	0.04842	0	-0.0529	0.01617	
1	道路 2	719.8	4	Time	11-S6-B-Y	247.073	247.073	1.16433	868.419	10.5	1303.21	11.9345	0.04709	0	-0.0529	0.01617	
1	道路 2	719.8	4	distanceAlc	11-S6-B-Y	768.337	66.4631	66.4631	868.419	10.5	1303.21	11.9345	0.04709	0	-0.0529	0.01617	
1	道路 2	719.8	4	speedInMe	11-S6-B-V	11.9345	11.9345	11.9345	868.419	10.5	1303.21	11.9345	0.04709	0	-0.0529	0.01617	
1	道路 2	834.8	0	speedInMe	11-S6-B-S	3.55028	3.55028	3.55028	934.885	10.5	1303.23	3.55028	0.00839	0	1.64788	0.62241	
1	道路 2	1050.5	31	Time	11-R2-E4-	325.974	325.974	1.61253	1192.68	10.5002	1299.39	0	0	0	0	0.01547	
1	道路 3	1084.1	0	Time	11-R2-E4-	333.125	333.125	7.15013	1203.83	10.5003	1284.44	5.99665	-1.1825	0	1.49711	0.59627	
1	道路 3	900.3	0	Leader#Co	11-S7-A-C	3	A4	A4	1203.25	10.5	1100.64	3.33747	-0.0051	0	0.84896	0.34445	
1	道路 3	900.3	9	Time	11-S7-A-C	362.458	362.458	4.11496	1203.15	10.5002	1085.38	0.14155	0.00001	0	0.09471	0.01617	
1	道路 3	865.3	0	Time	11-S7-A-S	371.669	371.669	9.21113	1203.02	10.5001	1065.64	6.62242	0.00124	0	1.33644	0.50985	
1	道路 3	853.3	0	Time	11-S7-A-P	373.246	373.246	10.7877	1202.95	10.5	1053.64	8.13756	0.00287	0	0.92139	0.55424	
1	道路 3	710	0	brake	11-S8-B-E	0	OK	OK	1203.28	10.5	910.337	11.8697	-0.0643	0	-0.0411	0.0695	
1	道路 3	710	4	Time	11-S8-B-Y	390.784	390.784	1.1165	1203.13	10.5	863.427	10.9373	0.01547	0	-1.1403	0.01547	
1	道路 3	710	4	distanceAlc	11-S8-B-Y	663.091	48.0911	48.0911	1203.13	10.5	863.427	10.9373	0.01547	0	-1.1403	0.01547	
1	道路 3	710	4	speedInMe	11-S8-B-V	10.9373	10.9373	10.9373	1203.13	10.5	863.427	10.9373	0.01547	0	-1.1403	0.01547	
1	道路 3	615	0	speedInMe	11-S8-B-S	3.06464	3.06464	3.06464	1203.17	10.5	815.337	3.06464	0.00074	0	1.48527	0.56847	
1	道路 3	199.1	31	Time	11-R3-E5-	483.928	483.928	8.0136	1199.55	10.5	307.103	0	0	0	0	0.01547	
1	道路 4	1084	0	Time	11-R3-E5-	498.87	498.87	14.9427	1184.38	10.5001	295.961	5.9471	-0.9003	0	1.59954	0.062	
1	道路 4	899.8	0	Leader#Co	11-S10-A-	0	A1	A1	1000.18	10.5	295.849	5.71988	-0.0042	0	0.00711	0.01547	
1	道路 4	899.8	9	Time	11-S10-A-	530.509	530.509	1.42973	969.676	10.5	295.98	0	0	0	0	0.01547	
1	道路 4	864.8	0	Time	11-S10-A-	534.136	534.136	3.62765	965.185	10.5	296.02	3.42827	0.00032	0	1.39506	0.53376	
1	道路 4	852.8	0	Time	11-S10-A-	536.522	536.522	6.0139	953.185	10.5	296.105	6.64458	0.01977	0	0.6522	0.41598	
1	道路 4	399.7	9	Time	11-S12-C-	592.235	592.235	1.41829	469.834	10.5	295.81	0.14922	0.00077	0	0.09684	0.01547	
1	道路 4	364.7	0	Time	11-S12-C-	595.689	595.689	3.45424	465.085	10.5	295.887	3.57982	-0.0051	0	1.41926	0.53938	
1	道路 4	352.7	0	Time	11-S12-C-	598.012	598.012	5.77792	453.085	10.5	296.068	6.81828	0.07366	0	1.56034	0.58419	
1	道路 4	352.7	0	speedInMe	11-S12-C-	6.81828	6.81828	6.81828	453.085	10.5	296.068	6.81828	0.07366	0	1.56034	0.58419	
1	道路 4	199.5	24	Time	11-R4-D2-	637.625	637.625	31.8304	218.462	10.5001	299.236	0.11093	0.00001	0	0.70599	0.01547	
2	道路 1	113.9	0	Time	11-R4-D2-	679.98	679.98	42.3542	197.772	10.5	314.313	6.38147	-1.4826	0	0.67967	0.46273	
2	道路 1	300.2	0	Leader#Co	11-S13-A-	3	A4	A4	196.726	10.5	500.58	3.09	3.02E-06	0	-0.7907	0.01617	
2	道路 1	300.2	9	Time	11-S13-A-	710.899	710.899	3.39032	196.804	10.5003	512.653	0	0	0	0	0.01547	
2	道路 1	335.2	0	Time	11-S13-A-	719.565	719.565	8.66615	196.898	10.5001	535.58	8.1118	0.00305	0	0.2025	0.16057	
2	道路 1	347.2	0	Time	11-S13-A-	720.968	720.968	10.0697	196.93	10.5	547.58	8.7713	0.02203	0	0.34036	0.32489	
2	道路 1	735	0	brake	11-S15-B-	0	OK	OK	196.715	10.5	935.38	12.6364	-0.0021	0	0.17317	0.3038	
2	道路 1	735	4	Time	11-S15-B-	758.592	758.592	1.22932	196.388	10.5	986.123	12.5237	-0.0833	0	-0.0613	0.01617	
2	道路 1	735	4	distanceAlc	11-S15-B-	785.743	49.2568	49.2568	196.388	10.5	986.123	12.5237	-0.0833	0	-0.0613	0.01617	
2	道路 1	735	4	speedInMe	11-S15-B-	12.5237	12.5237	12.5237	196.388	10.5	986.123	12.5237	-0.0833	0	-0.0613	0.01617	
2	道路 1	835	0	speedInMe	11-S15-B-	3.49063	3.49063	3.49063	196.496	10.5	1035.38	3.49063	-0.013	0	1.7027	0.64276	
2	道路 1	1050.4	31	Time	11-R5-E4-	835.291	835.291	1.38358	199.942	10.5003	1292.74	0	0	0	0	0.01547	
2	道路 2	115.1	0	Time	11-R5-E4-	843.486	843.486	8.19489	215.183	10.5001	1303.4	4.79162	-0.4135	0	1.40319	0.5526	
2	道路 2	549.7	9	Time	11-S17-C-	892.586	892.586	1.58242	681.062	10.5001	1303.1	0.11997	0.00001	0	0.1001	0.01547	
2	道路 2	584.7	0	Time	11-S17-C-	895.864	895.864	3.27808	684.782	10.5001	1303.08	3.27052	0.00451	0	1.46057	0.55438	
2	道路 2	596.7	0	Time	11-S17-C-	898.301	898.301	5.71492	696.782	10.5	1303.06	6.58364	0.012	0	1.47376	0.55696	
2	道路 2	596.7	0	speedInMe	11-S17-C-	6.58364	6.58364	6.58364	696.782	10.5	1303.06	6.58364	0.012	0	1.47376	0.55696	

# 加工後集計データ

No.	Times	LampPositi	Type	Corse	InterSectio	Conditionns	RT-G-Gn	T-G-SL	T-G-PET	V-PET	Jugde		RT-Y-Stnn	X-Switch	V-Switch	V-SL
											1:PASS, ACC	2:STOP, R				
1	1 N	A			11 S1	A2	1.78808	5.16907	6.85476							
1	1 N	A			11 S3	B						2	0.93365	53.4598	12.6269	3.31114
1	1 N	A			11 R1	E6	6.0556	11.2232				2				
1	1 N	A			11 S4	A1	1.57526	3.43934	5.70962							
1	1 N	A			11 S5	A3	0.37169	12.3624	14.0098							
1	1 N	A			11 S6	B						2	1.16433	66.4631	11.9345	3.55028
1	1 N	A			11 R2	E4	1.61253	7.15013				2				
1	1 N	A			11 S7	A4	4.11496	9.21113	10.7877							
1	1 N	A			11 S8	B						2	1.1165	48.0911	10.9373	3.06464
1	1 N	A			11 R3	E5	8.0136	14.9427				2				
1	1 N	A			11 S10	A1	1.42973	3.62765	6.0139							
1	1 N	A			11 S12	C1	1.41829	3.45424	5.77792	6.81828						
1	1 N	A			11 S13	A4	3.39032	8.66615	10.0697							
1	1 N	A			11 S15	B						2	1.22932	49.2568	12.5237	3.49063
1	1 N	A			11 R5	E4	1.38358	8.19489				2				
1	1 N	A			11 S17	C2	1.58242	3.27808	5.71492	6.58364						
1	1 N	A			11 S18	A1	1.63685	3.30083	5.88766							
1	1 N	A			11 R6	E6						1				
1	1 N	A			11 S19	C3	1.63241	3.42806	6.70484	4.42974						
1	1 N	A			11 S20	A4	4.07643	9.79748	11.4751							
1	1 N	A			11 S21	B						2	1.04653	64.8227	11.3562	3.0747
1	1 N	A			11 R7	E5	4.84637	10.8546				2				
1	1 N	A			11 S23	A2	1.97122	5.51915	7.37708							
1	1 N	A			11 S24	B						2	1.83304	73.0647	12.0706	3.37749
1	2 F	A			24 S1	A1		3.72447	6.29591							
1	2 F	A			24 S2	A4										
1	2 F	A			24 S3	B						2	-0.1493	54.2485	12.1066	2.99421
1	2 F	A			24 R1	E4	2.248	9.04176				2				
1	2 F	A			24 S4	A2	7.85323	10.7788	12.5307							
1	2 F	A			24 S5	B						2	1.03131	66.2	11.7997	2.74267
1	2 F	A			24 R2	E6						1				
1	2 F	A			24 S7	A3	2.73921	6.98782	8.8166							
1	2 F	A			24 S9	B						2	1.40197	74.2317	12.1669	3.33564
1	2 F	A			24 R3	E5	6.99707	14.0118				2				
1	2 F	A			24 S10	A1	1.75883	3.31396	5.39001							
1	2 F	A			24 S12	C2	1.72766	3.20299	5.37194	6.93362						
1	2 F	A			24 S14	A4	4.20285	9.50098	11.2218							
1	2 F	A			24 S15	B						2	0.90261	49.8798	11.9753	2.89779
1	2 F	A			24 R5	E5						1				
1	2 F	A			24 S16	C1	1.8019	3.57148	5.74779	6.52019						
1	2 F	A			24 S17	A3	3.87072	7.17498	8.91633							
1	2 F	A			24 S18	B						2	1.22927	69.6539	12.067	3.37017
1	2 F	A			24 R6	E6						1				
1	2 F	A			24 S20	C3	1.76138	3.48664	5.78137	6.5388						
1	2 F	A			24 S21	A1	1.64269	3.34981	5.67872							
1	2 F	A			24 R7	E4	7.71276	14.3898				2				
1	2 F	A			24 S22	A4	4.02368	9.17405	10.7462							
1	2 F	A			24 S24	B						2	0.95126	60.9577	11.6278	3.06425
2	1 N	A			12 S1	A2	2.64623	6.53384	8.44495							
2	1 N	A			12 S3	B						2	2.07615	66.2778	10.7125	2.81358
2	1 N	A			12 R1	E4	3.9107	10.0293				2				
2	1 N	A			12 S4	A1	2.04254	4.59768	6.65915							
2	1 N	A			12 S5	A3	3.85209	8.35823	10.2477							
2	1 N	A			12 S6	B						2	2.35338	73.3659	10.9054	2.45411
2	1 N	A			12 R2	E5	0.97716	3.49797				2				
2	1 N	A			12 S7	A4	5.72026	10.7961	12.4904							
2	1 N	A			12 S8	B						2	1.64436	53.8844	11.1565	2.23263
2	1 N	A			12 R3	E6						1				
2	1 N	A			12 S10	A1	1.82382	5.22941	7.31587							
2	1 N	A			12 S12	C2	2.25261	4.44437	6.55508	6.85142						
2	1 N	A			12 S13	A4	4.55483	9.8714	11.311							
2	1 N	A			12 S15	B						2	1.49791	61.9869	10.4142	2.50136
2	1 N	A			12 R5	E5	2.61972	3.62707				2				
2	1 N	A			12 S17	C3	1.9979	4.02321	6.30471	6.31922						

## 謝辞

本論文を執筆するにあたり、多くの方々からご指導・ご協力をいただきました。この場を借りてお礼を述べさせていただきます。

指導教官である小根山裕之教授には、研究全体の流れから、分析内容の細かなところまで、研究のすべてにおいてご指導いただきました。私が研究について理解できていないときや発表や報告などでうまく説明できずにいるときは、理解の助けになる助言を何度もいただき、最後まで私の研究を支えていただきました。修士論文を執筆する上で、先生に助けていただければ、人様に見せることができるような研究にはなっていなかったと、心から思います。本当にありがとうございました。

柳原正実助教には、特に実験や分析を行っていく上で支えていただき、それらを円滑に進めていくために多くの助けをいただきました。先生がいなければデータ整理にどれほどの時間がかかっていたか、考えるだけで胃が痛くなります。本当にありがとうございました。

石倉智樹准教授には、主に中間発表の場などで、研究の核に対する疑問や提案をたくさんいただきました。研究の流れの悪さや、研究の妥当性について、私が見逃していたところを何度も指摘していただけたことで、研究の意義について深く考えることができました。本当にありがとうございました。

研究室同期の渡邊秀君、平木賢太君、安藤正志君、宮川直也君、池田慶祐君とは、日頃からご飯を食べたり世間話をしたりするなどして、枯れた大学院生活の中でもうるおいのある日常をともにすることができました。本当にいるのかわからない彼女の話や、秋葉原や乃木坂を拠点にしている団体のよくわからない話など、忘れられない思い出がたくさんできました。本当にありがとうございました。

一学年先輩の佐藤理久斗さん、松山奈々海さん、横山楓さん、田中寛人さん、尾山梓さん、岩崎裕太さんには、日頃からおそらく可愛がっていただき、研究や授業、就活のことなど本当にたくさんのことを教えていただきました。本当にありがとうございました。

二学年先輩の内田成司さん、佐近翔さん、佐藤悠貴さん、朱慧瑒さん、板東真輝さん、藤井修平さん、横山純也さん、桜庭太郎さんには、研究のよりも大事なことがあるということを教えていただきました。本当にありがとうございました。

研究室に後輩の、舟橋君、鈴木君、鈴木君、神田さん、平井君、佐々木君、堀内君、稲葉君、大木君、遠藤君、相川君、齋藤君、田中さん、黒須さん、児玉君、津田君には、研究に対する純粋な視点での疑問や、研究室の行事の準備、発表のときの議事録作成など、色々な場面でお世話になりました。特に大木君は実験の準備ありがとうございました。

その他にも、実験に参加していただいた、60人以上の方々、研究に対する貴重な意見を頂いた東京大学の大口敬教授にも感謝致します。

最後に、大学と大学院の6年間、私を支え、応援してくれた家族に感謝の意を示します。

平成 31 年 2 月 松田啓輔